

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2002-343639

(43)Date of publication of application : 29.11.2002

(51)Int.Cl.

H01F 17/00  
G11B 5/31  
H01F 41/04  
H01F 41/12

(21)Application number : 2001-150249

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 21.05.2001

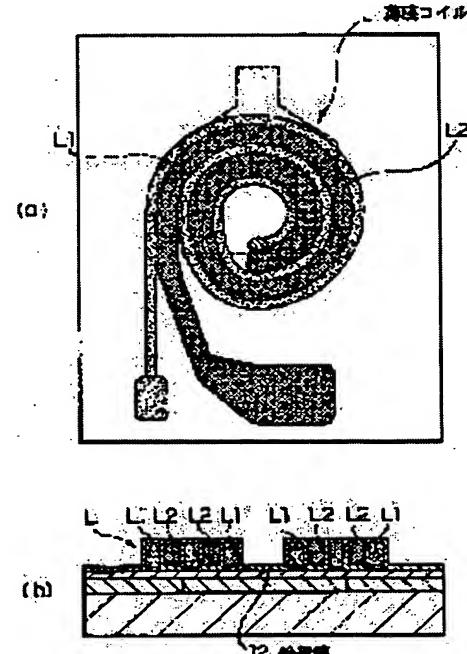
(72)Inventor : INAGUMA TERUYUKI

## (54) THIN-FILM COIL, MAGNET HEAD, METHOD OF MANUFACTURING THE COIL, AND METHOD OF MANUFACTURING THE HEAD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily and highly reliably provide a high-density low-resistance thin-film coil.

SOLUTION: This thin-film coil L is constituted by electrically connecting a first coil L1, composed of a desired number of windings and a second coil L2 in series, and the second coil L2 is formed among the windings of the first coil L1 in substantially the same plane as that of the coil L1, and at the same time, only an insulating film 12 is interposed between the coils L2 and L1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

THIS PAGE BLANK (USPTO)

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] The thin film coil characterized by only an insulator layer intervening between said 2nd coil and said 1st coil in the thin film coil with which the 1st coil and the 2nd coil which consist of the desired number of coils are prepared in a serial by flowing while said 2nd coil is formed on the abbreviation same flat surface between the coils of said 1st coil.

[Claim 2] The cross section of said 1st coil at least is a thin film coil according to claim 1 characterized by being an abbreviation trapezoid.

[Claim 3] The magnetic head characterized by only an insulator layer intervening between said 2nd coil and said 1st coil in the magnetic head equipped with the thin film coil with which the 1st coil and the 2nd coil which consist of the desired number of coils are prepared in a serial by flowing, and a magnetic core while said 2nd coil is formed on the abbreviation same flat surface between the coils of said 1st coil.

[Claim 4] The cross section of said 1st coil at least is the magnetic head according to claim 2 characterized by being an abbreviation trapezoid.

[Claim 5] The process which forms the 1st coil which consists of the predetermined number of coils through the 1st insulator layer, The process which forms the 2nd insulator layer between the front face of said 1st coil, and a coil, The process which processes so that only the pars basilaris ossis occipitalis which forms the substrate electric conduction film on said 2nd insulator layer, and becomes between the coils of said 1st coil may leave said substrate electric conduction film, The manufacture approach of the thin film coil characterized by having the process which carries out based on the substrate electric conduction film which remained in the pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil, and carries out deposition formation of the 2nd coil.

[Claim 6] Said 2nd coil is the manufacture approach of the thin film coil according to claim 5 characterized by carrying out deposition formation by electrolytic plating.

[Claim 7] The processing only whose pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil leaves said substrate electric conduction film is the manufacture approach of the thin film coil according to claim 5 characterized by carrying out by the ion etching which attached the predetermined include angle.

[Claim 8] It is the manufacture approach of the thin film coil according to claim 5 characterized by performing processing only whose pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil leaves said substrate electric conduction film by wet etching.

[Claim 9] The manufacture approach of the thin film coil according to claim 5 characterized by forming the 2nd insulator layer between said 1st coil and said 2nd coil with a spatter or vacuum deposition.

[Claim 10] The process which forms the 1st coil which consists of the predetermined number of coils through the 1st insulator layer, The process which forms the 2nd insulator layer between the front face of said 1st coil, and a coil, The process which processes so that only the pars basilaris ossis occipitalis which forms the substrate electric conduction film on said 2nd insulator layer, and becomes between the coils of said 1st coil may leave said substrate electric conduction film, The manufacture approach of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

magnetic head which carries out based on the substrate electric conduction film which remained in the pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil, and is characterized by having the process which performs plating processing and forms the 2nd coil.

[Claim 11] Said 2nd coil is the manufacture approach of the magnetic head according to claim 10 characterized by carrying out deposition formation by electrolytic plating.

[Claim 12] The processing only whose pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil leaves said substrate electric conduction film is the manufacture approach of the magnetic head according to claim 10 characterized by carrying out by the ion etching which attached the predetermined include angle.

[Claim 13] It is the manufacture approach of the magnetic head according to claim 10 characterized by performing processing only whose pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of said 1st coil leaves said substrate electric conduction film by wet etching.

[Claim 14] The manufacture approach of the magnetic head according to claim 10 characterized by forming the 2nd insulator layer between said 1st coil and said 2nd coil with a spatter or vacuum deposition.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the magnetic head using the thin film coil and it which set and constitute the 1st coil and the 2nd coil, and a thin film coil, and the manufacture approach of the magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the improvement in the engine performance of the magnetic head which performs record and playback to a magnetic-recording medium from a viewpoint of the improvement in recording density of a magnetic-recording medium is called for. Many thin film magnetic heads of the compound die which doubled the recording head which has an induction type MAG sensing element for writing, and the reproducing head which has a magneto-resistive effect component for read-out as this magnetic head are used.

[0003] The coil for magnetomotive-force generating is formed in such the thin film magnetic head and a thin film inductor. A coil is formed by the photolithography technique used by semi-conductor formation using a resin resist.

[0004] Hereafter, the coil formed in this process is generically called a thin film coil. As shown in formation of the conventional thin film coil at drawing 42 (a), the resist film pattern P was formed in the coil configuration, and thin film coil L' of the electric conduction film as shows the electric conduction film to drawing 42 (b) by plating or carrying out a spatter has been obtained after that. In this case, the patterning precision of the resist film determines the configuration of thin film coil L', and spacing between coils.

[0005] It is dependent on the engine performance and terms and conditions of the manufacturing installation itself, such as an ingredient of the resist film, a coater, an aligner, and a developer, to determine the patterning precision of the resist film, and it also has the system which can realize Line-Space 1 micrometer or less with the equipment used with a semi-conductor.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the thickness of the thin film coil of the magnetic head or the coil used by the thin film inductor for [ various ] converters is very difficult to form the resist film which can be equivalent to those with several micrometers to dozens of micrometers, and such thick electric conduction film with a sufficient precision by Line-Space 1 micrometer or less unlike the thickness of several nm used with a semi-conductor.

[0007] Here, piling up and forming two coils (the upper coil, lower layer coil) as shown in drawing 43, making it flow through each edge, and considering as one thin film coil is also considered. However, now, the thickness of a thin film coil increases and the demand of a miniaturization cannot be met.

[0008] Moreover, when the width of face of the magnetic head is specified from the demand of the improvement in recording density in a magnetic-recording medium and the coil width of face of a thin film coil needs to be stored in a predetermined value, a thin film coil must be formed very much in high density from it being necessary to constitute from spec. below predetermined resistance, storing a thin

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

film coil in this width of face.

[0009] Here, by the magnetic head indicated by JP,11-345404,A and its manufacture approach, the technique which constitutes a high-density thin film coil from forming the 1st coil and the 2nd coil on an abbreviation same flat surface is indicated.

[0010] However, with the technique indicated by JP,11-345404,A, the substrate film of plating used in case the 2nd coil is formed remains between the 1st coil, and when grinding for flattening, it is easy to generate the short circuit of the 2nd coil, the flowing substrate film, and the 1st coil. That is, there is only a very thin insulator layer between the substrate film and the 1st coil, and an insulator layer can be crushed by polish or it is possible to cause the short circuit between coils by polish or \*\* of the substrate film. Moreover, an unnecessary capacity occurs between the 1st coil and the substrate film, and the problem of having a bad influence on the property as a coil arises.

[0011]

[Means for Solving the Problem] This invention is accomplished in order to solve such a technical problem. That is, in the magnetic head using the thin film coil and this by which the 1st coil and the 2nd coil which consist of the desired number of coils are prepared in a serial by flowing, this invention has the composition that only an insulator layer intervenes between the 2nd coil and the 1st coil while the 2nd coil is formed on the abbreviation same flat surface between the coils of the 1st coil.

[0012] Moreover, the process which forms the 1st coil with which this invention consists of the predetermined number of coils through the 1st insulator layer, The process which forms the 2nd insulator layer between the front face of the 1st coil, and a coil, and the process which processes so that only the pars basilaris ossis occipitalis which forms the substrate electric conduction film on the 2nd insulator layer, and becomes between the coils of the 1st coil may leave the substrate electric conduction film, It is the manufacture approach of of the thin film coil and the magnetic head equipped with the process which carries out based on the substrate electric conduction film which remained in the pars basilaris ossis occipitalis which becomes between the coils of the 1st coil, and carries out deposition formation of the 2nd coil.

[0013] In such this invention, since it becomes the configuration that only an insulator layer intervenes between the 1st coil and the 2nd coil which are formed on an abbreviation same flat surface, spacing of the 1st coil and the 2nd coil can be narrowed, it can be high-density and the thin film coil which was excellent in the property can be offered.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on drawing. Drawing 1 is a mimetic diagram explaining the thin film coil concerning this operation gestalt, (a) is a top view and (b) is a sectional view. That is, the thin film coil L of this operation gestalt has the composition that only an insulator layer 12 intervenes between the 2nd coil L2 and the 1st coil L1 while the 1st coil L1 and the 2nd coil L2 which consist of the desired number of coils are flowed through and prepared in a serial and the 2nd coil L2 is formed on the abbreviation same flat surface between the coils of the 1st coil L1.

[0015] This 1st coil L1 and 2nd coil L2 consist of flowing through an edge as one thin film coil L.

Drawing 2 is a mimetic diagram explaining the direction of a coil of each coil. For example, the 1st coil L1 is rolled inside from the outside along the direction of a current (refer to drawing Nakaya mark). Moreover, the 2nd coil L2 is also rolled inside from the outside along the direction of a current. For this reason, where the 2nd coil L2 is formed between the coils of the 1st coil L1, connection is carried out so that the inside edge of the 1st coil L1 and the outside edge of the 2nd coil L2 may flow.

[0016] In addition, although the 1st coil L1 and the 2nd coil L2 which are shown in drawing 1 (b) have a cross-sectional-view abbreviation rectangle, they may be made into the cross-sectional-view abbreviation trapezoid which the piece of merits and demerits adjoins mutually. For example, when the method side of drawing Nakashita of the 1st coil L1 makes it the cross-sectional-view abbreviation trapezoid used as a long side, the wrap insulator layer 12 can reach the 1st coil L1, the surroundings can be made easy, and thin film-ization of an insulator layer 12 can be attained.

[0017] Such a thin film coil L is applied to a thin film inductor and the thin film magnetic head as shown

THIS PAGE IS BLANK (USPTO)

in drawing 3 . The thin film magnetic head forms the magneto-resistive effect component film 3 and the thin film coil L in the hard nonmagnetic substrate 1, is in the condition of having made the lamination substrate 25 rivaling, gives polish of an approximate circle arc to the sliding surfaces 1a and 25a with a medium, and it is cutting it so that theta may be attached whenever [ azimuth-angle ].

[0018] This operation gestalt has the description in the thin film coil L applied to such the thin film magnetic head etc., and its manufacture approach. Hereafter, the manufacture approach of the thin film coil of this operation gestalt and the manufacture approach of the magnetic head are explained in order.

[0019] First, a substrate 1 is prepared as shown in drawing 4 . Especially the ingredient of a substrate 1 is not specified and is arbitrary by the use application. aluminum2O3-TiC (Al Chick), alpha-Fe 2O3 (hematite) of an iron-oxide system, etc. which were excellent in abrasion resistance with a magnetic tape here are suitable. Moreover, the magnitude of a substrate prepared 4inchphi and a thing with a thickness of 2mm.

[0020] Next, as shown in drawing 5 , the lower layer core materials 5 used as the lower layer core of a magnetic-recording head are formed. The ingredient is arbitrary if permissible [ in magnetic properties ] also about these lower layer core materials 5. In order to gather recording efficiency, permeability is high as much as possible, and soft magnetism film with high saturation magnetic flux density is desired. With this operation gestalt, the FeAlSi (Sendust) film was formed by 2.5-micrometer spatter. In addition, the formation approach about the lower layer core materials 5 is arbitrary. As thickness, 2 micrometers or more are desirable.

[0021] Next, as shown in drawing 6 , patterning and etching are performed to lower layer core materials, it carves to every magnetic head, and the lower layer core 6 is formed. Although the formation approach of the lower layer core 6 was formed with this operation gestalt by removing the unnecessary part by patterning and ion etching of the resist film using a photolithography technique, they may be the formation approaches other than this.

[0022] Next, as shown in drawing 7 , the irregularity made with the lower layer core 6 by the non-magnetic material is embedded. With this operation gestalt, after carrying out the sheet of the 2Othickness Mino aluminum3 same film 7 as the lower layer core 6 first by the spatter, irregularity made on the front face is made into Taira and others by CMP polish (chemical mechanical polishing) or buffing. Not only this operation gestalt but the ingredient of this flattening approach and flattening is arbitrary.

[0023] Next, as shown in drawing 8 , the Gap film 8 for forming FrontGap of a recording head is formed. Here, 0.2 micrometers of SiO(s)2 were formed by the spatter. Otherwise, the ingredient of this Gap film 8 can consider aluminum2O3 grade that what is necessary is just the nonmagnetic non-conductive film. Moreover, it is determined by the over-writing property demanded by the system, and needed magnetomotive force about thickness.

[0024] Here, it becomes the formation procedure of the thin film coil which is the main process of this operation gestalt. First, as shown in drawing 9 , Ti/Cu used as the plating substrate film 9 of the 1st coil is formed by the spatter. a conductor for this plating substrate film 9 to go and pass a plating current to the whole substrate (wafer) surface over the time of plating -- it becomes the section.

[0025] Thickness of Ti/Cu which is the plating substrate film 9 was set to Ti:30nm and Cu100nm. In order to raise the adhesion of the Gap film 8 and Cu, the sheet of Ti is carried out, and it is arbitrary about thickness. Cu chose the same ingredient in order to consider the ingredient of the thin film coil formed behind as Cu plating. Although some plating substrate film 9 becomes some thin film coils formed after this, since it is necessary to remove other parts, the thickness of the plating substrate film 9 is not so thick, for example, its 0.3 micrometers or less are desirable.

[0026] From the following process, the round mark (one component) shown by B of drawing 9 is explained as a core. That is, as shown in drawing 10 , the pattern 10 which has opening in the configuration of the 1st coil using a photolithography technique is formed. The resist film used here was applied for example, by 2000rpm, and was set to about 8 micrometers as thickness. About the resist film to be used, it is arbitrary, and the ingredient of a resist is arbitrary if a good profile is obtained.

Moreover, since a setup of the thickness of the 1st coil is set up with about 6 micrometers with this

THIS PAGE BLANK (USPTO)

operation gestalt, it is necessary to consider as the thickness of the 1st more than coil at least as thickness  $t_{10}$  of the pattern 10 of this resist film.

[0027] Next, as shown in drawing 11, Cu is plated and the 1st coil plating 11 is formed in the part by which opening was carried out with the resist pattern. Plating used the electrolytic plating approach by the copper-sulfate solution or the pyrophosphoric acid copper solution. The plating solution to be used is not limited to this, but is arbitrary. Moreover, although it is satisfactory even if it changes into other ingredients, for example, gold etc., the solution used here, it is desirable to double with the ingredient which also plates the ingredient of the substrate film 9 in that case here. Thickness  $t_{11}$  of plating was set to 6 micrometers with this operation gestalt.

[0028] Next, as shown in drawing 12, after carrying out dissolution removal of the resist film which performed patterning with an organic solvent, plating substrate film 9 other than the coil section is removed by crossing all over a substrate and giving ion etching. Since the substrate film between coils is removed completely, whenever [ over the substrate side of the ion etching in this case / incident angle ] has the desirable direction set up so that it may become as perpendicular as possible. Although whenever [ angle-of-incidence ] was made into 0 times (vertical incidence) with this operation gestalt, the include angle which the plating substrate film 9 between coils can remove completely by the etching system is optimized. The 1st coil L1 is formed of this processing.

[0029] Next, as shown in drawing 13, the insulator layer 12 between the coils which perform the insulation with the 1st coil L1 and the 2nd coil (not shown) is formed. Since the 2nd coil which explains henceforth is formed as it sews between the 1st coil L, the distance which the 1st coil L1 and the 2nd coil adjoin becomes very narrow. In order to aim at these both electric insulation, the non-conductive film (insulator layer 12) is prepared. With this operation gestalt, aluminum 2O3 was formed by 0.5-micrometer spatter.

[0030] In this case, it is arbitrary if it is a non-conductive non-magnetic material about the ingredient of an insulator layer 12. Moreover, the amount whose insulation is completely possible was the need at worst, and since the sheet of the thickness to form had to be completely carried out also to the wall surface of the 1st coil L1, or the pars basilaris ossis occipitalis between coils, it formed 0.5-micrometer thickness by the spatter with this operation gestalt. If the 1st coil can be completely formed in a wrap form as shown in drawing since this is considered that the covering situation of the 1st coil L1 changes with the formation approach or equipment to be used, it is arbitrary about the formation approach or equipment.

[0031] Next, the plating substrate film 13 (for example, Ti/Cu) for the 2nd coil used as the substrate at the time of plating the 2nd coil is formed by the spatter. It is more desirable to increase thickness a little as compared with the plating substrate film 9 of the 1st coil L1, since it is important to be formed also in the pars basilaris ossis occipitalis between coils of the 1st coil L1 about this plating substrate film 13 although it is the same as that of the plating substrate film 9 of the 1st coil L1. Ti/Cu thickness was set to Ti:30nm and Cu:200nm with this operation gestalt.

[0032] Next, the detail of the removal process of the plating substrate film 13 which is the main point of this operation gestalt is explained. With this operation gestalt, it does not go into the plating process of the 2nd coil as it is, but a plating process is performed, after removing the one section of the plating substrate film 13 for the 2nd coil. The reason is mentioned later.

[0033] First, as shown in drawing 15, patterning of the protection resist film 14 is carried out with a photolithography technique so that the part which needs to leave the plating substrate film 13 may be covered. Here, the parts which need to leave the plating substrate film 13 are a coil periphery for supplying the plating current of the 2nd coil, and a coil entry part.

[0034] Although the part which plating is actually grown up and serves as the 2nd coil is between the 1st coil L1 and the plating substrate film 13 of this part naturally also needs to remain at the time of plating, as shown in drawing, by the pattern of this protection resist film 14, it is made into the pattern of opening except for the entry section between the 1st coil.

[0035] Although mentioned later, in order to perform etching which gave the include angle for this part also as opening, the plating substrate film 13 of the pars basilaris ossis occipitalis between the 1st coil

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

L1 which works as plating substrate film 13 at the time of plating of the 2nd coil is not removed. [0036] Next, as shown in drawing 16, ion etching is given to the whole substrate surface. Here, ion etching which prepared the include angle is performed. This is for removing 1st coil L1 top face and wall surface part of the plating substrate film 13 for the 2nd coil formed in the wrap form in the 1st coil L1, and making it the plating substrate film 13 for the 2nd coil remain only in the pars basilaris ossis occipitalis between the 1st coil L1 (refer to drawing 17 ).

[0037] Although mentioned later, in case this reason performs ion etching as shown in drawing 18 in order to acquire this configuration, it can be realized by leaning a substrate 1. Whenever [ this tilt-angle ] will be determined by  $\theta = \tan^{-1}(D/H)$ , if it is theoretically expressed with  $\theta = \tan^{-1} \{(\text{thickness } x_2 \text{ of the thickness } x_2\text{-plating substrate film 13 of the spacing-insulator layer 12 between the 1st coil L1}) / (\text{thickness of the 1st coil L1})\}$  and the notation in drawing is used, as shown in drawing 19 .

[0038] However, with usual ion etching equipment, since whenever [ incident angle / of all particles ] is not single, it is necessary to find the include angle which becomes the optimal with the equipment to be used. It is in the condition that the plating substrate film 13 of the top face of the 1st coil L shown in drawing 17 and a wall surface is completely removed as an ideal configuration.

[0039] About a wall surface part, as shown in drawing 20 , it changes into the condition that some plating substrate film 13 was lost, as [ show / in not the condition that the plating substrate film 13 remains in the wall surface of the 1st coil L1 but the condition shown in drawing 17 , or drawing 21 ]. Anyway, it is the important main point to remove the 1st coil L1 top-face section and the wall surface section of the plating substrate film 13.

[0040] Next, after etching, dissolution removal of the etching protection resist film 14 is carried out with an organic solvent, and patterning of the resist film 15 with opening is performed using a photolithography technique in the 2nd coil shown in drawing 22 .

[0041] As resist film 15, the point which has opening into the whole 1st coil [ not a coil pattern but ] L1 part as formed with the 1st coil L1, and has covered Seki, then the perimeter of the 1st coil L1 into the coil part is important here.

[0042] That is, the fine pattern corresponding to a coil configuration is not required. Since this has removed the part on the 1st coil L1, even if it plates after this about the plating substrate film 13 for the 2nd coil which had covered the 1st coil L1 previously, from a part without the plating substrate film 13, plating is not to grow up but for plating to grow only from the pars basilaris ossis occipitalis between the 1st coil L1 with which the plating substrate film 13 remained. Thereby extraordinarily fine patterning becomes unnecessary.

[0043] Here, by the approach (the conventional approach) the 2nd coil also performs patterning of the fine resist film, and carries out plating growth, as shown in drawing 44 , it is necessary to form the resist film 15 in a wrap form for the 1st coil L1 completely.

[0044] However, it is very difficult to cover the whole completely thinly to the 1st coil L1 which started no less than 6 micrometers. It is for gap of patterning as shown in drawing 45 (a), pattern thin \*\* as shown in drawing 45 (b), and the resist remainder as shown in drawing 45 (c) to occur.

[0045] That is, the resist film 15 covered according to the front face of the 1st coil L1 formed of gap from exposure of photolithography or the optimum value of the amount of development and plating having much irregularity etc. becomes an ununiformity, and a part of wall surface of the 1st coil L1 and top face are exposed in many cases. Especially the resist film of the angle of the 1st coil L1 top-face section will tend to become thin, and will almost be exposed in practice.

[0046] What plated after pattern gap had occurred like drawing 45 (a) is shown in drawing 46 . When plating such in the shape of a quirk, since plating liquid is overdue inside a slot, in addition to Plating M growing early that it is in the condition in which the plating substrate film 13 remained in the wall surface as shown in drawing from the wall surface upper part surely nearest to the counter electrode section, growth of Plating M becomes slow. It becomes the form which makes a hole all over a slot as shown in drawing as a result.

[0047] In order to prevent this and to be completely filled up with the interior of a slot by plating, plating must be grown up from the groove bottom section. For this reason, it can be said that the method

THIS PAGE BLANK (USPTO)

of removing beforehand the part corresponding to the top face and wall surface of the 1st coil L1 among plating substrate film 13 like this operation gestalt is most suitable.

[0048] Thus, the condition of having performed plating growth by this operation gestalt is drawing 23. In this case, in order to aim at connection with the exterior, he is trying for the area of the both ends of the 2nd coil L2 to become large. About the magnitude of this part, it is arbitrary.

[0049] Next, as shown in drawing 24, it dissolves with an organic solvent and the resist film 15 put on plating of the 2nd coil L2 is removed. Thereby, the thin film coil L with which the 2nd coil L2 was formed on the abbreviation same flat surface between the coils of the 1st coil L1 is made.

[0050] Subsequently, as shown in drawing 25, ion etching removes the plating substrate film 13 with which the thin film coil L circumference part remains. Since there is no ion etching of 13 plating substrate film in this case in a fine part or the hidden part, it is not specified by especially the include angle etc.

[0051] Next, as shown in drawing 26, in order to remove the insulator layer 12 deposited on the both ends of the 1st coil L1, and the FrontGap part which forms a magnetic core, a photolithography technique performs patterning of the resist film 17 which uses the part as opening.

[0052] Patterning is carried out so that opening of the part for the magnetic-core point of the part which constitutes Gap may be carried out as a FrontGap section. Moreover, it is [ no constraint ] in a configuration etc. and is arbitrary if it is the magnitude whose connection is possible about the configuration for both ends of the 1st coil L1. With this operation gestalt, the opening radius [ of 5 micrometers ] circular of a core and a reverse side edge child part were used as the square of about 20 micrometers.

[0053] After performing patterning, ion etching or wet etching is performed and an insulator layer 12 is removed. With this operation gestalt, after wet etching removed, the front face was made pure by performing ion etching further. About the approach of this removal, it is arbitrary.

[0054] If dissolution removal of the resist film 17 which gave the pattern with the organic solvent is carried out after removing insulator layer 12, it will be in the condition that it is shown in drawing 27. According to this process, a part for the both ends of the 1st coil L1 is exposed to a front face.

[0055] Next, as shown in drawing 28, the resist film 18 which uses the BackGap section as opening is formed using a photolithography technique. To the lower layer core 6, a FrontGap part is connected with the upper core (not shown) on both sides of a Gap ingredient, and a BackGap part is connected with the direct upper core. For this reason, at an old process, since the Gap film 8 and an insulator layer 12 exist in the BackGap part, it is necessary to remove these nonmagnetic membranes before the upper core formation.

[0056] Next, as shown in drawing 29, in order to remove the nonmagnetic membrane of a BackGap part, the Gap film 8 and insulator layer 12 in the opening part of the resist film 18 (refer to drawing 28) are removed by performing ion etching and wet etching.

[0057] About the approach of removal, it is arbitrary like the above-mentioned. Moreover, although it is arbitrary, in order to gather recording efficiency also about the configuration of the BackGap section, it is desirable to make it to bring close to the FrontGap section as much as possible, and large. With this operation gestalt, it considered as elliptical [ of 25 micrometers of axes of abscissa and 10 micrometers of axes of ordinate ]. It will be in the condition that the BackGap section of the lower layer core 6 was exposed with this process.

[0058] Next, as shown in drawing 30, in order to aim at the insulation with the upper core formed in behind in order to perform cutoff with the thin film coil L and the open air, patterning of the flattening resist film 19 is carried out using a photolithography technique so that the whole thin film coil L may be covered.

[0059] As shown in a Fig. at this time, in the both ends of a BackGap part, the 1st coil L1, and the 2nd coil L2, it considers as the pattern with which the resist film does not remain. About the class of flattening resist film 19, and the manufacture approach, it is arbitrary. And after performing patterning, by heating around 300 degrees C as it is for about 1 hour, the flattening resist film 19 is hardened and the solubility of it is lost also to an organic solvent.

THIS PAGE IS BLANK (USPTO)

[0060] Next, as shown in drawing 31 </A>, the upper core 20 is formed. How not to be limited especially concerning the formation approach of the upper core 20, to give par NINGU to the configuration of a request with the resist film after [ used as the ingredient of the upper core 20 ] forming NiFe etc. with a spatter or plating, for example, to etch, and to remove the unnecessary section, the method of acquiring a desired configuration by performing plating, after performing patterning of the resist film which has opening in a desired configuration, etc. can be considered.

[0061] If it has a good soft magnetism property about the ingredient of the upper core 20, it is usable, but when recording efficiency is taken into consideration, permeability is high as much as possible, and what has high saturation magnetic flux density is desired. The NiFe plating film was used with this operation gestalt. Also about a configuration, although it is arbitrary, it is determined by the breadth of the FrontGap section, the breadth, i.e., the width of recording track, of a magnetization pattern recorded by the width of face of the narrower one among the lower layer core 6 or the upper core 20.

[0062] Moreover, a BackGap part is also made into a wrap form. Furthermore, also about the thickness of the upper core 20, the amount which gives enough the volume with which the amount of record magnetization is not saturated was required, and when it was this operation gestalt, it could be 2.5 micrometers.

[0063] Next, as shown in drawing 32, the terminal the connection between the 1st coil and the 2nd coil and for external connection is formed. A thin film coil flows through one side of the 1st coil, and one side of the 2nd coil by connecting with the coil connection lead 22, as shown in drawing.

[0064] and the external connection terminal 21 for taking connection with the each exterior is formed in the edge of the 1st coil, and the edge of the 2nd coil. It is better to enlarge surface area as much as possible, in order to lower resistance although the magnitude of each connection lead and a configuration are arbitrary.

[0065] Moreover, Cu plating was grown up into the desired part by the formation approach being also arbitrary, carrying out patterning of the resist film which has opening of a desired configuration beforehand like creation of the above-mentioned magnetic core (the upper core, lower layer core) with this operation gestalt, and performing electrolytic plating in the inside of copper-sulfate plating liquid with a photolithography technique. In this case, if it has conductivity, an ingredient is not limited and its formation approach is also arbitrary.

[0066] Furthermore, only the external connection terminal area section performs an additional plating process, and prepares the thickness of about 20 micrometers. Also after passing through the process to which this part is given next, it becomes the form exposed to a front face, and electrical installation with the exterior can be planned.

[0067] Next, a part for the concave heights made with various patterns formed by the old process on a substrate (wafer) side is made into Taira and others. With this operation gestalt, first, after carrying out the spatter of about 20 micrometers of the 2Oaluminum3 film all over a wafer, grinding of the front face is carried out by mechanical polish, and irregularity is eased. The thin film coil L and a magnetic-core component serve as a form embedded by 2Oaluminum3 film, as shown in drawing.

[0068] By the above, the component formation using the thin film process in a substrate (wafer) is ended, and mechanical processing for including the magnetic head in a system is performed hereafter.

[0069] First, as shown in drawing 33, some magnetic-head components in which the thin film coil L was formed are separated from a substrate (wafer) to the block status of a unit. Although considered as one logging block 24 for every five components by a diagram, the number of the component dealt with by 1 block is arbitrary.

[0070] Next, the lamination substrate 25 used as protection of a magnetic-head component is made to rival in the logging block 24, as shown in drawing 34. Although the same thing as a substrate 1 was used for the ingredient of the lamination substrate 25 with this operation gestalt, it is arbitrary. Here, it is necessary to make it smaller than the logging block 24 so that the edge of the external connection terminal of the magnetic-head component formed on the substrate 1 may be exposed about the configuration of the lamination substrate 25. Moreover, the adhesives of for example, a resin system are used for lamination.

THIS PAGE IS A  
PRINTOUT FROM THE  
U.S. PATENT AND TRADEMARK  
OFFICE (USPTO)

[0071] Next, as shown in drawing 35, the form with a magnetic tape of having been suitable is made to the top-face sections (a magnetic tape and sliding \*\*\*\*\*) 1a and 25a of a block made to rival in the shape of radii so that it may be easy concordance. Since it changes with systems used about a configuration, detailed explanation is omitted here.

[0072] The logging block 24 with which two or more MR components 3 are located in a line, and the magnetic-head train of the lamination substrate 25 are divided, and it enables it to use it as the magnetic head finally, as shown in drawing 36. Moreover, with the include angle cut here, when applying to the system which performs for example, azimuth record, it cuts by preparing theta whenever [ desired azimuth-angle ]. The magnetic head (refer to drawing 3 ) which applied the thin film coil of this operation gestalt by the above is completed.

[0073] Here, the ease of patterning by the manufacture approach concerning this operation gestalt is explained. In addition, let the case of the magnetic head of the helical scanning method carried in a rotating drum be an example here. Drawing 37 is the outline sectional view of the magnetic head used as an example. The width of face (henceforth "hit width of face") of a magnetic tape and the head base which slides is prescribed on the system by this magnetic head, for example, it is below 100-micrometer order.

[0074] That is, the coil of a recording head must be stopped within this hit width of face, and needs to form a thin film coil in high tight ness. Moreover, in the coil using the copper wire used with the present MIG (Metal In Gap) head, total resistance is about 3ohms, and even if it considers using the electrical circuit of a set side together, the total resistance required of a thin film coil is wanted to be about 3ohms or less.

[0075] Moreover, in order to generate a write-in high field as correspondence to the record medium which is RF low current and has high holding power, it is necessary to make [ many / to some extent ] the number of coils.

[0076] Ten coil numbers or more, the resistance of 3ohms or less, and hit width of face of less than 100 micrometers are made into minimum Rhine as spec. required of the magnetic head of this operation gestalt including the above demand.

[0077] Here, in order to form a thin film coil, the resist film pattern with which the configuration of a thin film coil serves as opening is formed, and it is necessary to plate. That is, the tight ness of a thin film coil is determined by the width of face of the resist film which forms between coils.

[0078] However, as mentioned above, in order to lower resistance, when you are going to make it also increase the height of a thin film coil, the resist film and aligner which can realize a high aspect ratio are needed. Usually, in the stepper aligner of g line used and i line, unless it is highly precise, an about 6-micrometer aspect ratio is a limitation to 2-micrometer width of face as a limitation of a resist film pattern.

[0079] moreover -- if it takes into consideration being wound in hit width of face focusing on BackGap width of face of about 16 micrometers of a magnetic core, and not exceeding 10 micrometers from an edge as a margin of processing as range which performs a coil coil range = (hit width-of-face-BackBap-right-and-left processing margin) -- /2 = (100micrometer-16micrometer-10micrometerx2)/2 = it needs to be set to 32 micrometers and it is necessary to give a coil required for less than 32 micrometers.

[0080] Drawing showing the coil width of face to the number of coils in case drawing 38 forms a thin film coil with the resist film according to the conventional formation approach, and drawing 39 are drawings showing the height of the coil used as the number of coils, and the resistance of 3 ohms. Here, width of face of the resist film was set to 2 micrometers which is the min by which precision is usually improved.

[0081] If it is going to roll one step of thin film coil 10 times by the conventional formation approach, the width of face of 1 time of a coil will be set to about 1.5 micrometers from these drawings. Here, when specific resistance of coppering is made into 2.2micro ohm-cm, in order to set total resistance of a thin film coil to 3 ohms, width of face of 1 time of a coil cannot exceed 12 micrometers, and, now, it cannot form.

[0082] On the other hand, drawing showing the coil width of face to the number of coils in case drawing

THIS PAGE IS A  
BLANK (USPTO)

40 forms a thin film coil according to the formation approach of this operation gestalt, and drawing 41 are drawings showing the height of the coil used as the number of coils, and the resistance of 3 ohms. [0083] With this operation gestalt, the spatter has prescribed the thickness of the insulator layer between thin film coils, and an aim value is acquired with a sufficient precision. Moreover, the spacing is also high high density very much with 1 micrometer or less. With this operation gestalt, the thickness of a thin film coil required since the total resistance of a thin film coil is set to 3 ohms is set to about 6 micrometers with 10 times of the numbers of coils.

[0084] Furthermore, since the 2nd coil is formed between the coils of the 1st coil, and the pattern of the required resist film turns into a pattern of every other coil in that case, as a resist configuration in the time of the 1st coil formation, it becomes width of face of 4.3 micrometers, and height of 7 micrometers on count, and if it is patterning of this level, it is easily realizable by the manufacture approach of the thin film coil of this operation gestalt.

[0085] Thus, it becomes possible to manufacture the magnetic head which fills the above-mentioned spec. with applying this operation gestalt, without using a highly precise aligner with a sufficient precision.

[0086]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, there is the following effectiveness. That is, since it is the configuration that only an insulator layer intervenes between the 1st coil and the 2nd coil, while being able to ensure the insulation between the coils of the 1st coil and the 2nd coil, in order not to generate an unnecessary capacity between coils, it becomes possible to aim at improvement in dependability and the coil engine performance.

[0087] Moreover, spacing of a thin film coil can be narrowed and it becomes possible to attain a miniaturization. Moreover, even if the precision of patterning is low, the thin film coil of high density can be created, and it becomes possible to aim at simplification of a creation process, and improvement in yield productivity. Moreover, in order that each thickness of the 1st coil and the 2nd coil may complement each other, the resistance of a coil does not depend on pattern precision, but becomes fixed. Moreover, since the coil of the same winding can form on 1 flat surface and the thickness of the height direction can be managed below with one half, a result becomes flat.

[0088] When the thin film coil of this invention is adopted as the magnetic head, magnetic-path length can be shortened by miniaturization and it becomes possible from these advantages to raise recording efficiency. Moreover, the productivity of the magnetic head improves and high yield low cost can be realized. Moreover, resistance is fixed and the various circuit designs for a magnetic-head drive become easy. Furthermore, since a magnetic core is formed in a flat field, generating of a magnetic domain wall is controlled, relaxation of stress can be performed, and it becomes possible to raise magnetic properties.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is a mimetic diagram explaining the thin film coil concerning this operation gestalt.

[Drawing 2] It is a mimetic diagram explaining the direction of a coil of each coil.

[Drawing 3] It is the outline perspective view showing the example of the thin film magnetic head.

[Drawing 4] It is a mimetic diagram (the 1) explaining the manufacture approach.

[Drawing 5] It is a mimetic diagram (the 2) explaining the manufacture approach.

[Drawing 6] It is a mimetic diagram (the 3) explaining the manufacture approach.

[Drawing 7] It is a mimetic diagram (the 4) explaining the manufacture approach.

[Drawing 8] It is a mimetic diagram (the 5) explaining the manufacture approach.

[Drawing 9] It is a mimetic diagram (the 6) explaining the manufacture approach.

[Drawing 10] It is a mimetic diagram (the 7) explaining the manufacture approach.

[Drawing 11] It is a mimetic diagram (the 8) explaining the manufacture approach.

[Drawing 12] It is a mimetic diagram (the 9) explaining the manufacture approach.

[Drawing 13] It is a mimetic diagram (the 10) explaining the manufacture approach.

[Drawing 14] It is a mimetic diagram (the 11) explaining the manufacture approach.

[Drawing 15] It is a mimetic diagram (the 12) explaining the manufacture approach.

[Drawing 16] It is a mimetic diagram (the 13) explaining the manufacture approach.

[Drawing 17] It is a mimetic diagram (the 14) explaining the manufacture approach.

[Drawing 18] It is a mimetic diagram (the 15) explaining the manufacture approach.

[Drawing 19] It is a mimetic diagram (the 16) explaining the manufacture approach.

[Drawing 20] It is the mimetic diagram showing the remaining condition of the plating substrate film.

[Drawing 21] It is the mimetic diagram showing the removal condition of the plating substrate film.

[Drawing 22] It is a mimetic diagram (the 17) explaining the manufacture approach.

[Drawing 23] It is a mimetic diagram (the 18) explaining the manufacture approach.

[Drawing 24] It is a mimetic diagram (the 19) explaining the manufacture approach.

[Drawing 25] It is a mimetic diagram (the 20) explaining the manufacture approach.

[Drawing 26] It is a mimetic diagram (the 21) explaining the manufacture approach.

[Drawing 27] It is a mimetic diagram (the 22) explaining the manufacture approach.

[Drawing 28] It is a mimetic diagram (the 23) explaining the manufacture approach.

[Drawing 29] It is a mimetic diagram (the 24) explaining the manufacture approach.

[Drawing 30] It is a mimetic diagram (the 25) explaining the manufacture approach.

[Drawing 31] It is a mimetic diagram (the 26) explaining the manufacture approach.

[Drawing 32] It is a mimetic diagram (the 27) explaining the manufacture approach.

[Drawing 33] It is a mimetic diagram (the 28) explaining the manufacture approach.

[Drawing 34] It is a mimetic diagram (the 29) explaining the manufacture approach.

[Drawing 35] It is a mimetic diagram (the 30) explaining the manufacture approach.

[Drawing 36] It is a mimetic diagram (the 31) explaining the manufacture approach.

[Drawing 37] It is the outline sectional view of the magnetic head.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Drawing 38] It is drawing showing the coil width of face to the number of coils in the case of forming a thin film coil by the conventional formation approach.

[Drawing 39] It is drawing showing the height of the coil used as the number of coils in the case of forming a thin film coil by the conventional formation approach, and the resistance of 3 ohms.

[Drawing 40] It is drawing showing the coil width of face to the number of coils in the case of forming a thin film coil according to the formation approach of this operation gestalt.

[Drawing 41] It is drawing showing the height of the coil used as the number of coils in the case of forming a thin film coil according to the formation approach of this operation gestalt, and the resistance of 3 ohms.

[Drawing 42] It is a mimetic diagram explaining the conventional manufacture approach.

[Drawing 43] It is a mimetic diagram explaining the case where two coils in the conventional example are piled up.

[Drawing 44] It is a mimetic diagram (the 1) explaining patterning of the resist film in the conventional example.

[Drawing 45] It is a mimetic diagram (the 2) explaining patterning of the resist film in the conventional example.

[Drawing 46] It is the mimetic diagram showing what plated after pattern gap had occurred.

[Description of Notations]

1 [ -- The 1st coil, L2 / -- The 2nd coil, L / -- Thin film coil ] -- A substrate, 12 -- An insulator layer, 3 -- The magneto-resistive effect component film, L1

---

[Translation done.]

7700 RACE RANK (ISPTO)

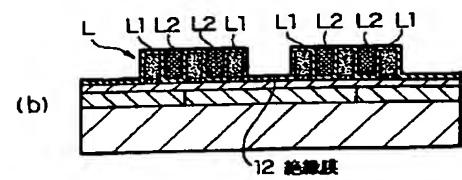
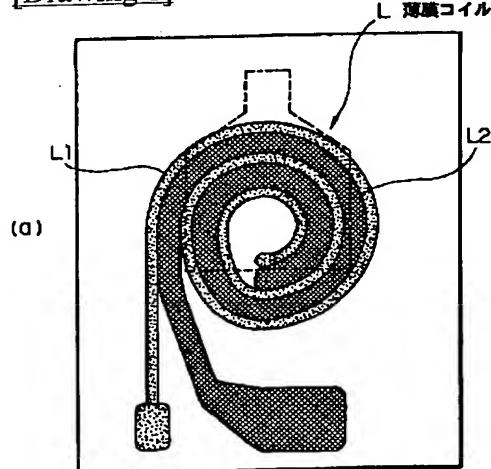
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

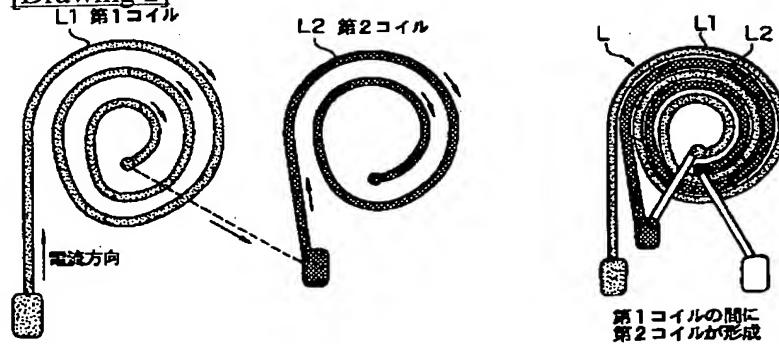
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

## [Drawing 1]

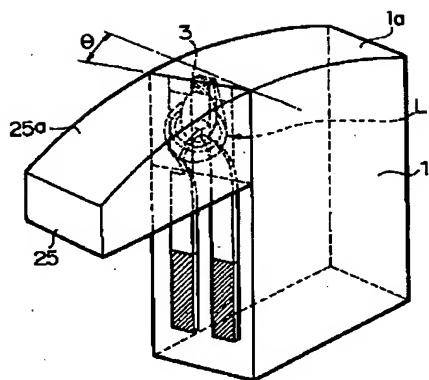


## [Drawing 2]

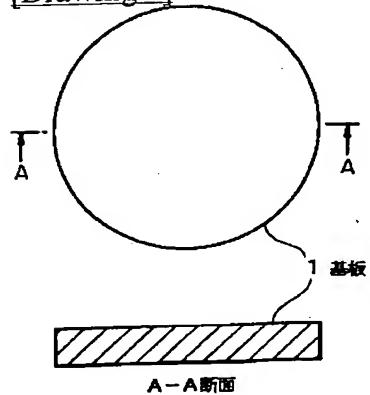


## [Drawing 3]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

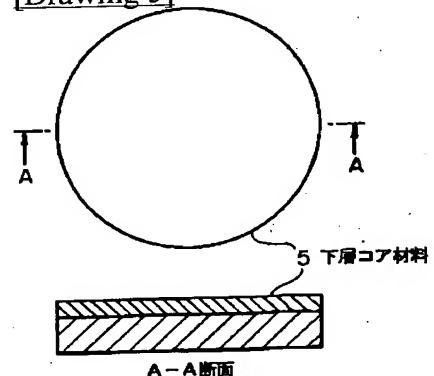


[Drawing 4]



A-A断面

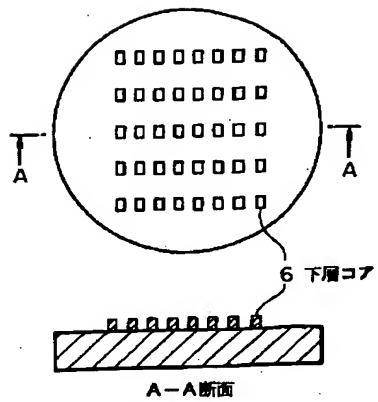
[Drawing 5]



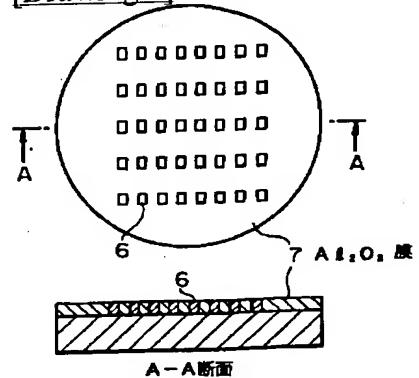
A-A断面

[Drawing 6]

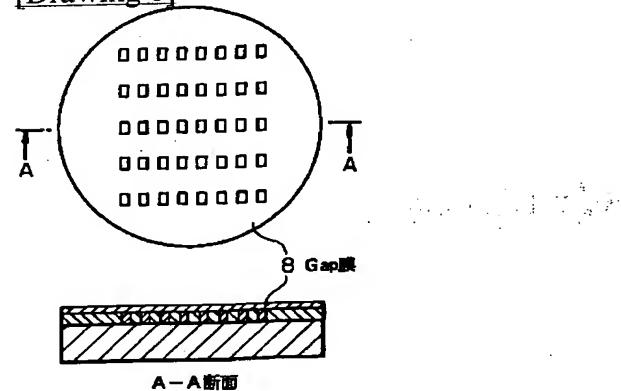
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 7]

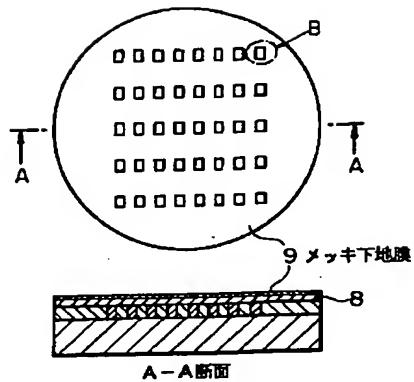


[Drawing 8]

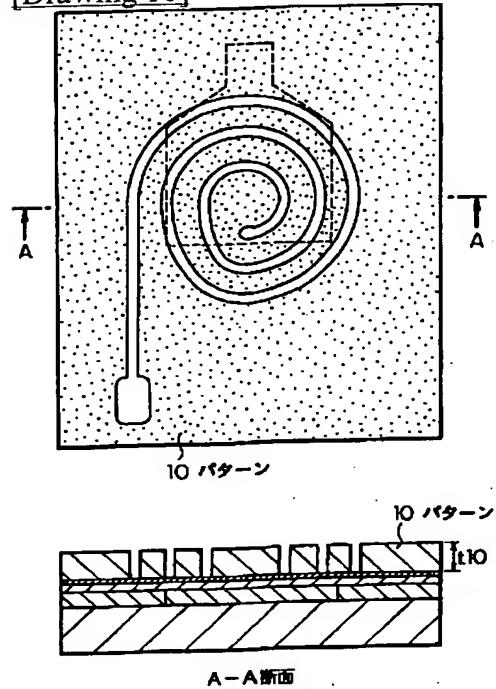


[Drawing 9]

100 PAGE BLANK (USPTO)

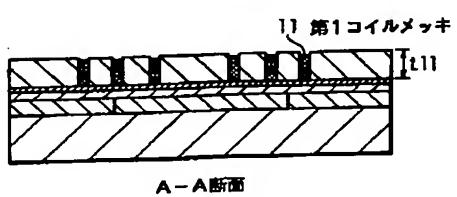
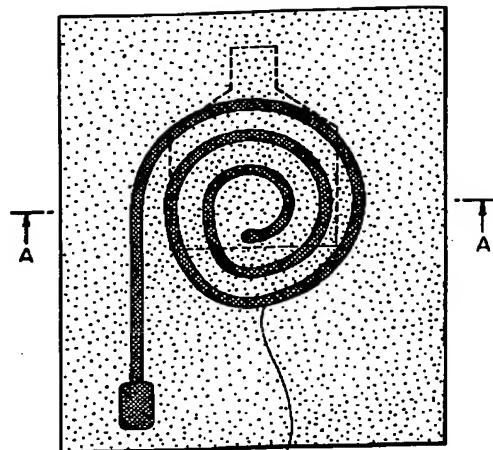


[Drawing 10]

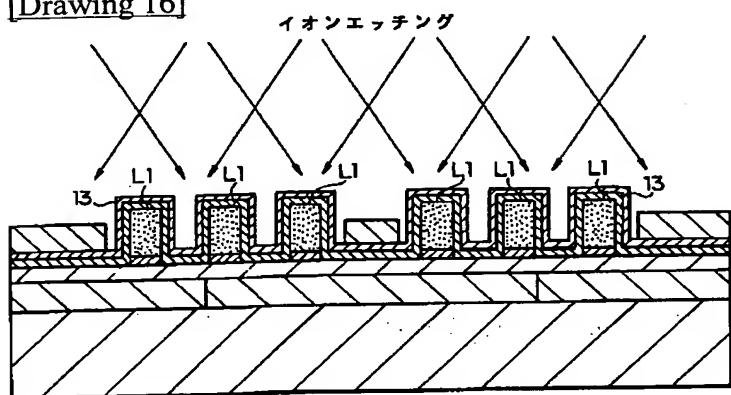


[Drawing 11]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

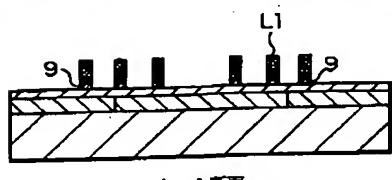
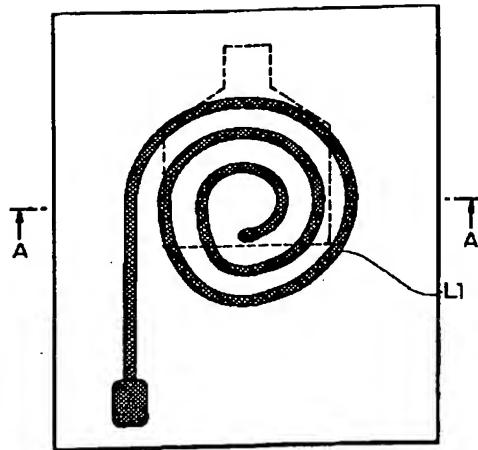


[Drawing 16]



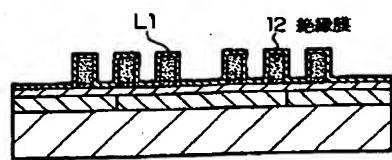
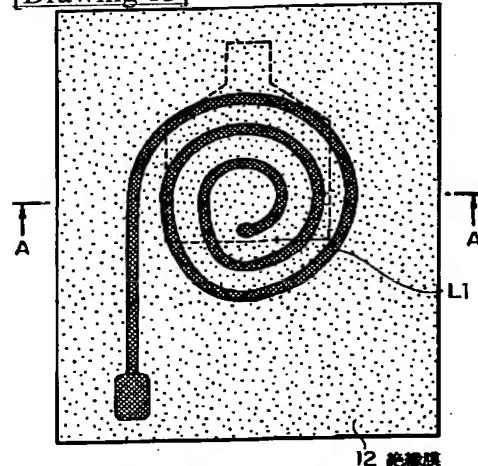
[Drawing 12]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



A-A断面

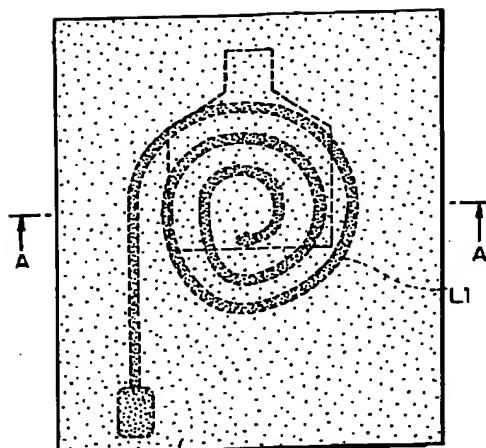
[Drawing 13]



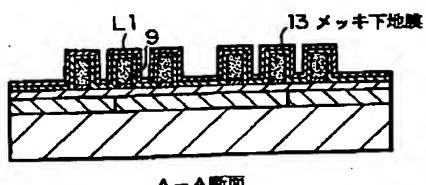
A-A断面

[Drawing 14]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

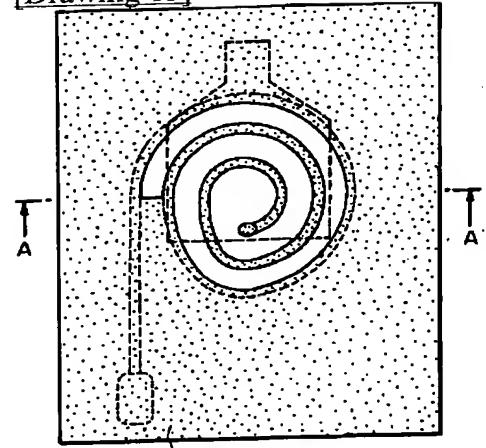


13 メッキ下地膜

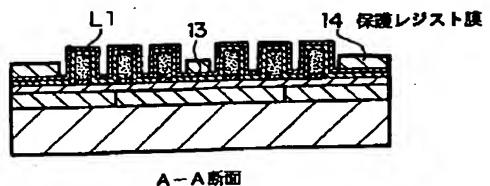


A-A断面

[Drawing 15]



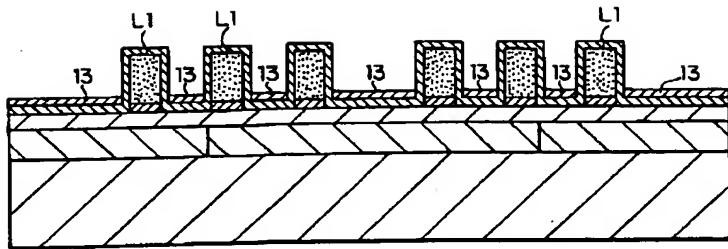
14 保護レジスト膜



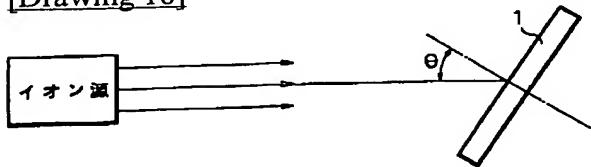
A-A断面

[Drawing 17]

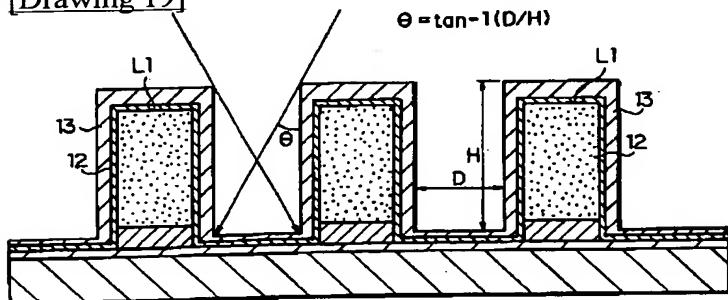
THIS PAGE BLANK (USPTO)



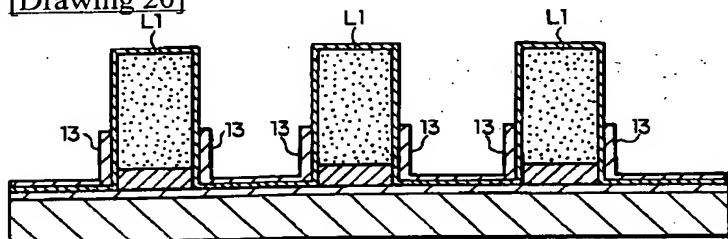
[Drawing 18]



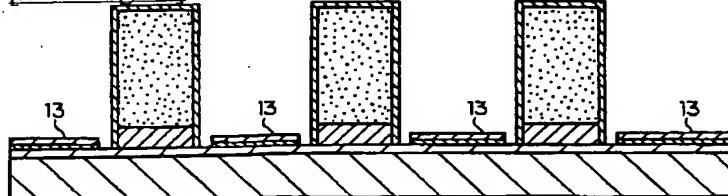
[Drawing 19]



[Drawing 20]

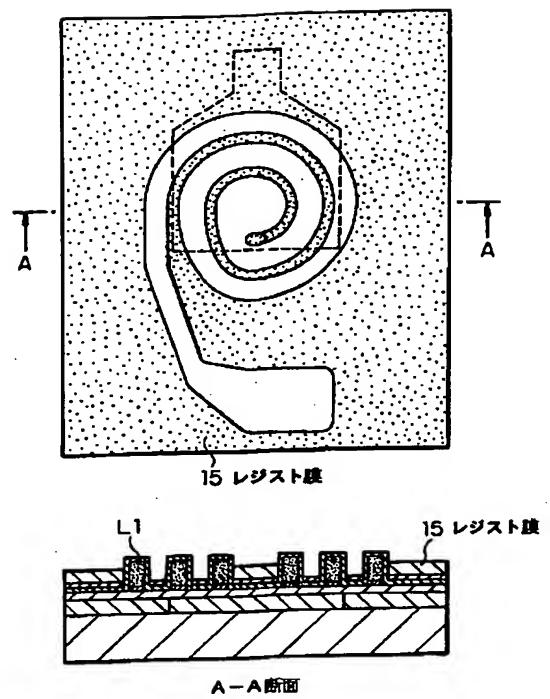


[Drawing 21]

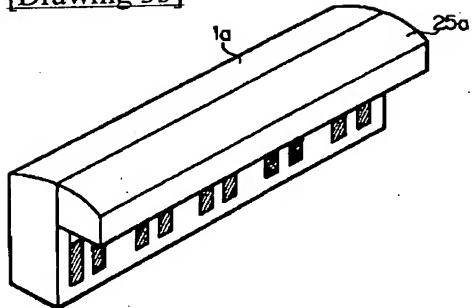


[Drawing 22]

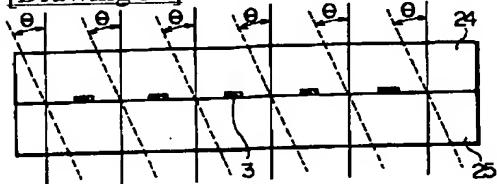
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 35]



[Drawing 36]



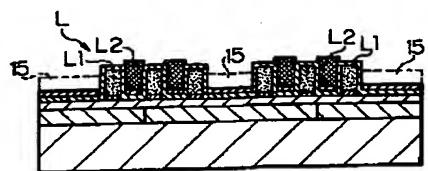
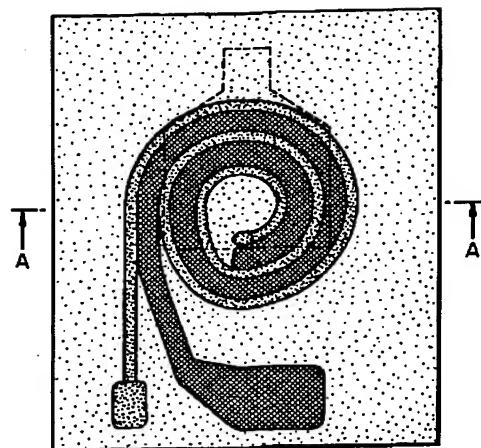
[Drawing 23]

<IMG SRC="getimg.ipdl?"

N0000=15&N0001=web513&N0002=010&N0003=JPA414343639\_000025.gif&N0004=200405210526  
WIDTH="232" HEIGHT="361" ALT="ID=000025">

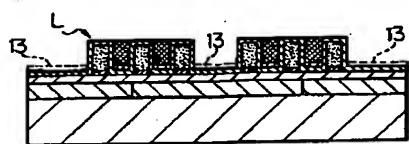
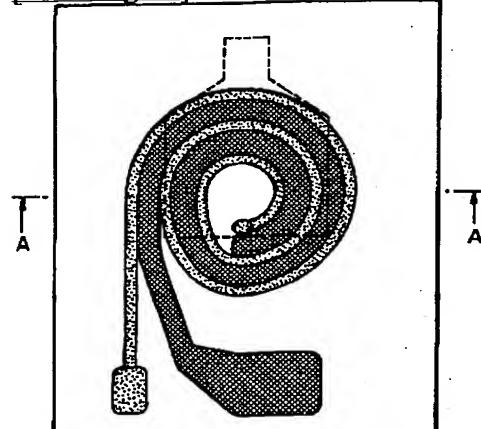
[Drawing 24]

**THIS PAGE IS ANK (ISPTO)**



A-A断面

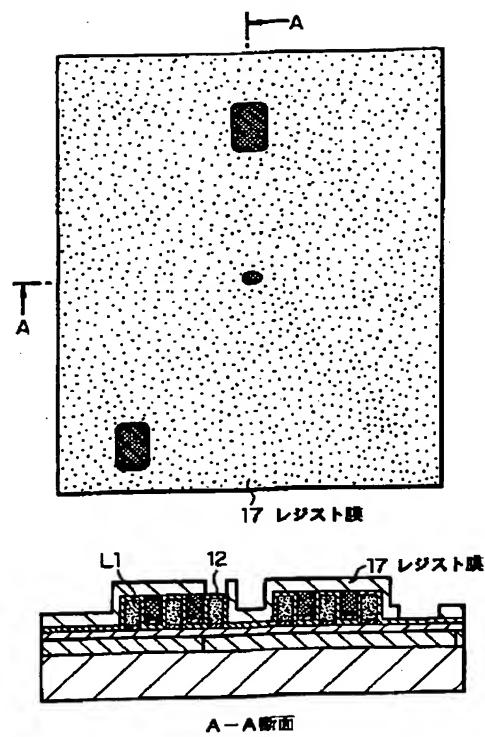
[Drawing 25]



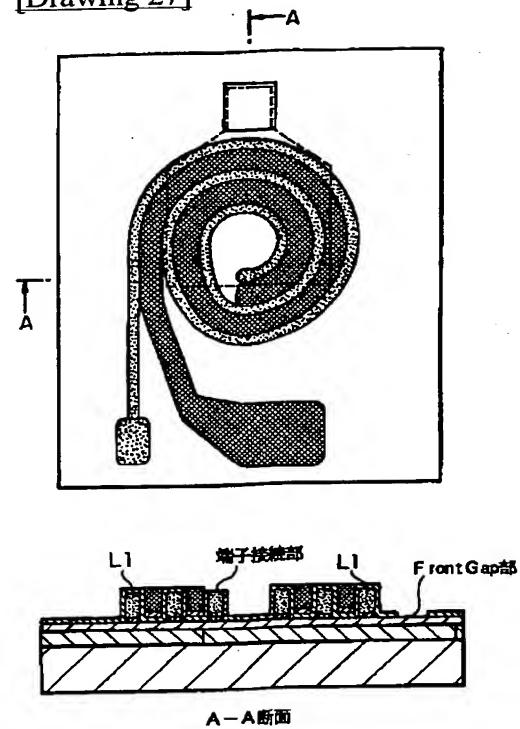
A-A断面

[Drawing 26]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

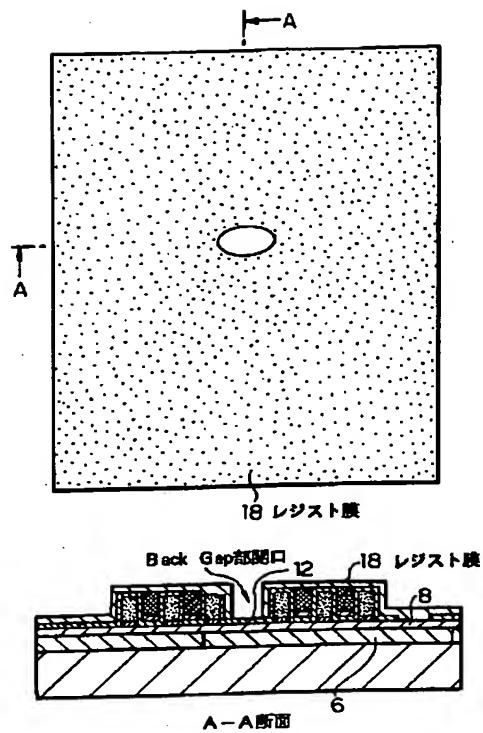


[Drawing 27]

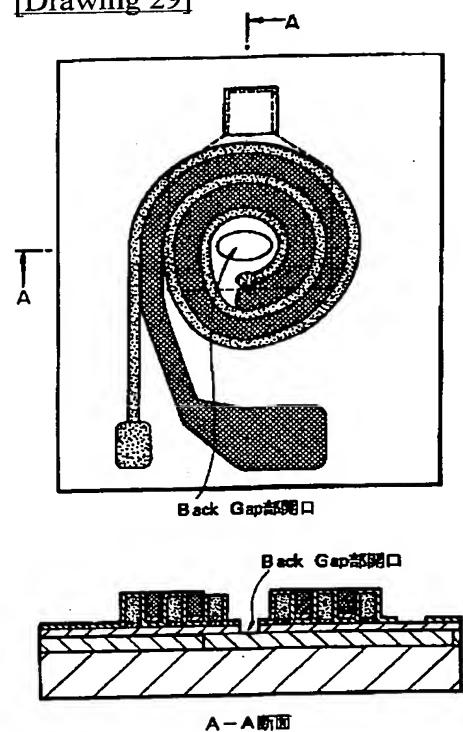


[Drawing 28]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

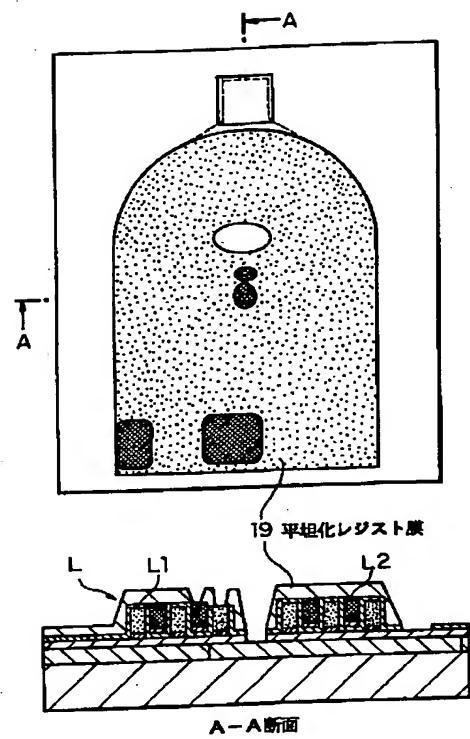


[Drawing 29]

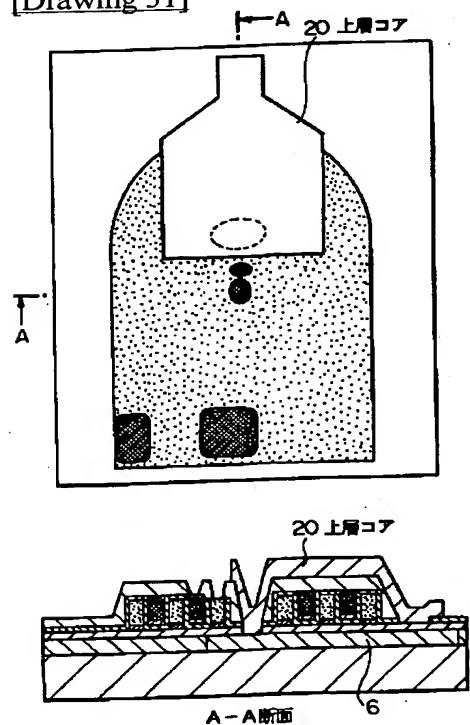


[Drawing 30]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

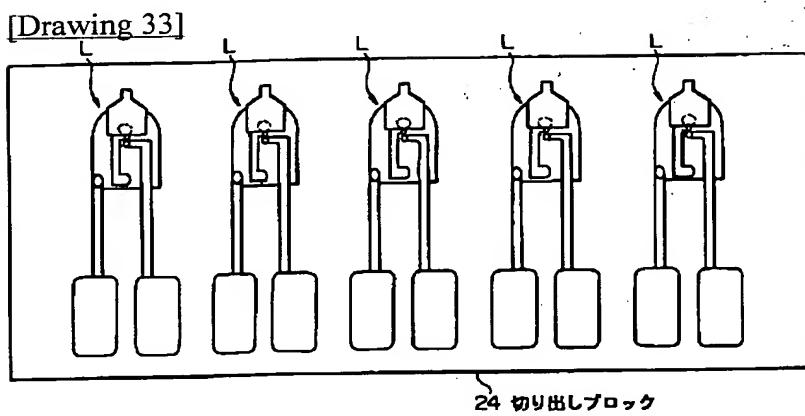
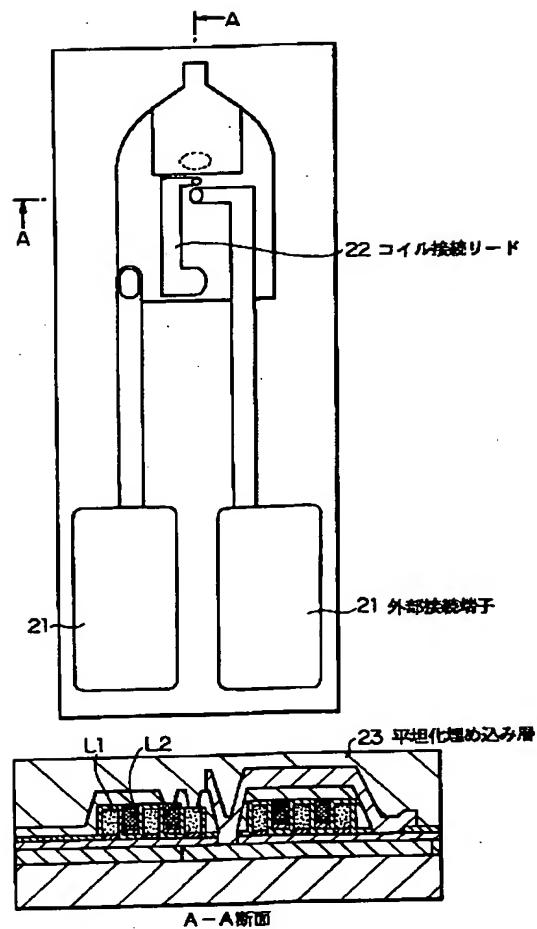


[Drawing 31]



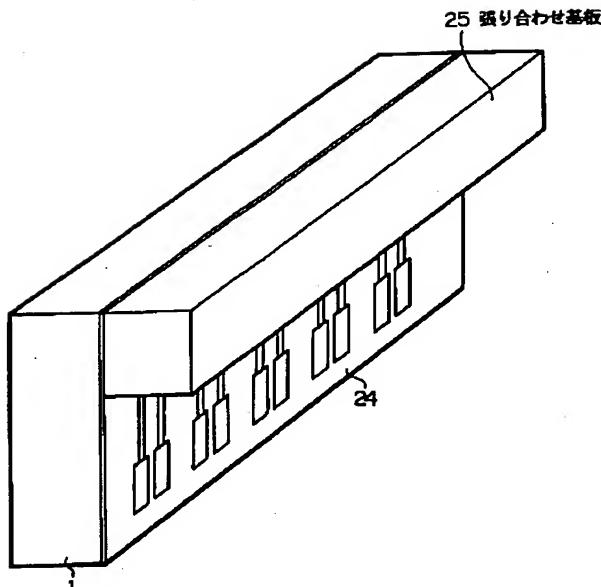
[Drawing 32]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

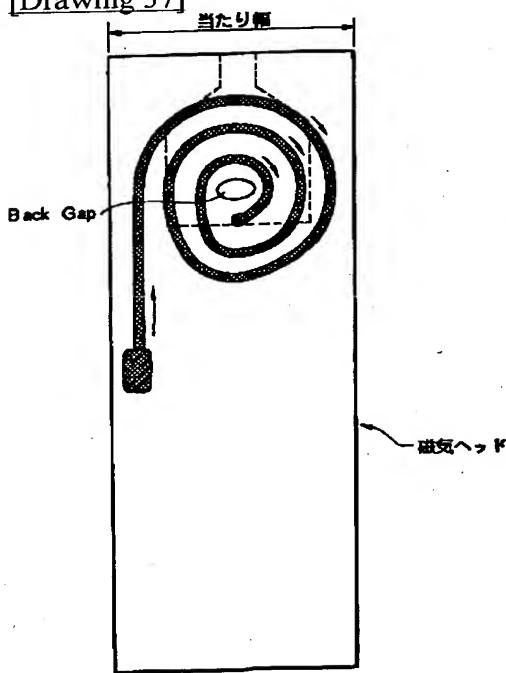


[Drawing 34]

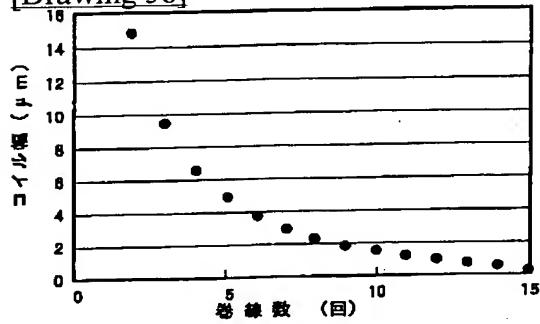
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 37]

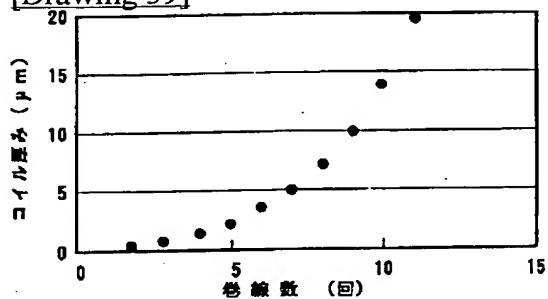


[Drawing 38]

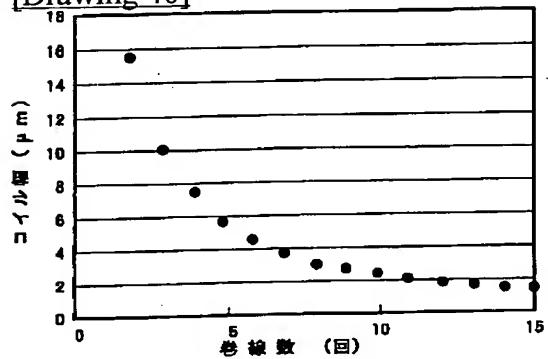


THIS PAGE BLANK (USPTO)

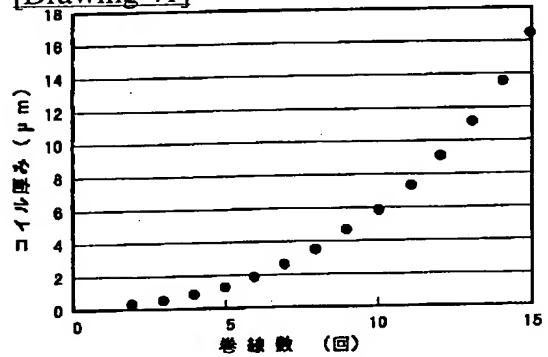
[Drawing 39]



[Drawing 40]

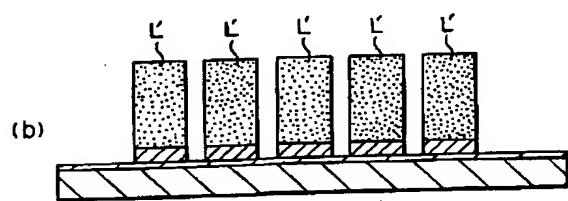
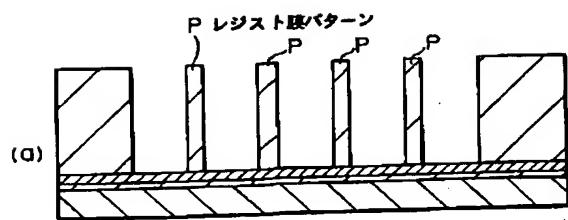


[Drawing 41]

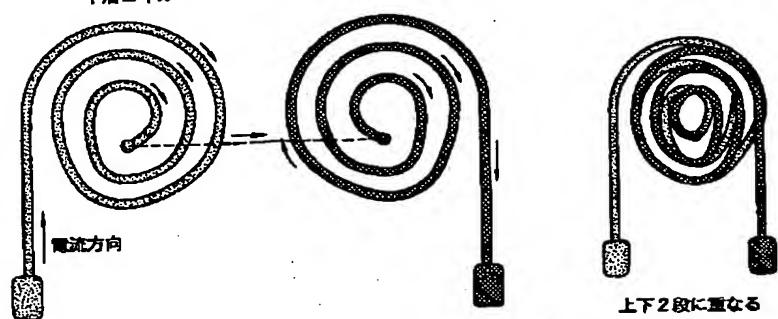


[Drawing 42]

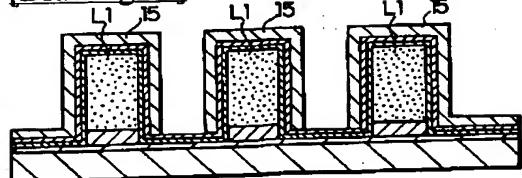
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 43]  
下層コイル

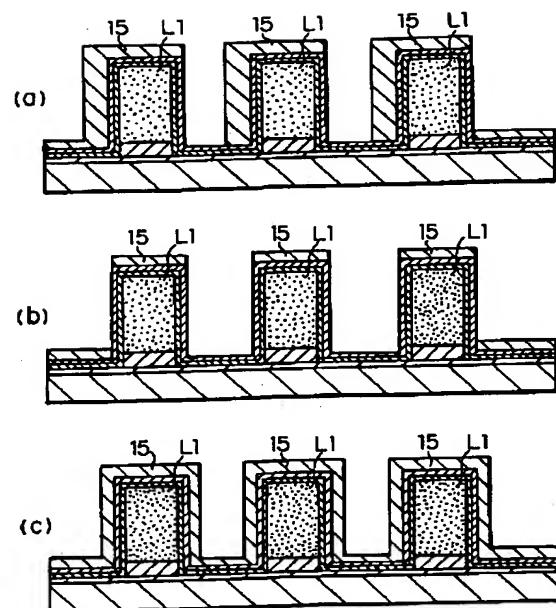


[Drawing 44]

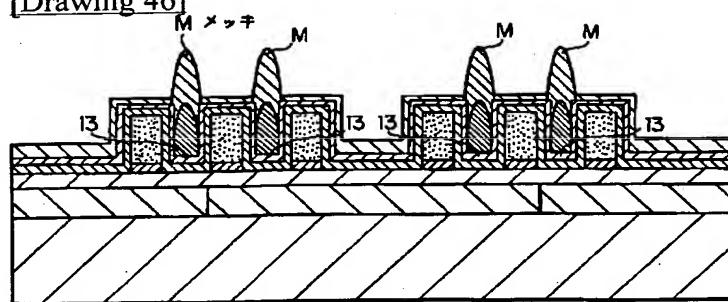


[Drawing 45]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 46]



---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-343639

(P2002-343639A)

(43)公開日 平成14年11月29日(2002.11.29)

(51)Int. C1.7

識別記号

H 0 1 F 17/00  
 G 1 1 B 5/31  
 H 0 1 F 41/04  
 41/12

F I

H 0 1 F 17/00  
 G 1 1 B 5/31  
 H 0 1 F 41/04  
 41/12

テマコード(参考)

B 5D033  
 F 5E044  
 C 5E062  
 Z 5E070

審査請求 未請求 請求項の数 14

OL

(全17頁)

(21)出願番号

特願2001-150249(P2001-150249)

(22)出願日

平成13年5月21日(2001.5.21)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 稲熊 輝往

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー  
株式会社内

(74)代理人 100086298

弁理士 船橋 國則

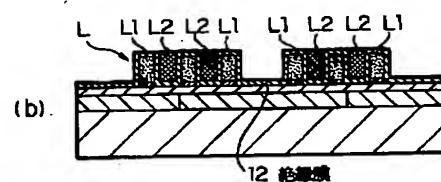
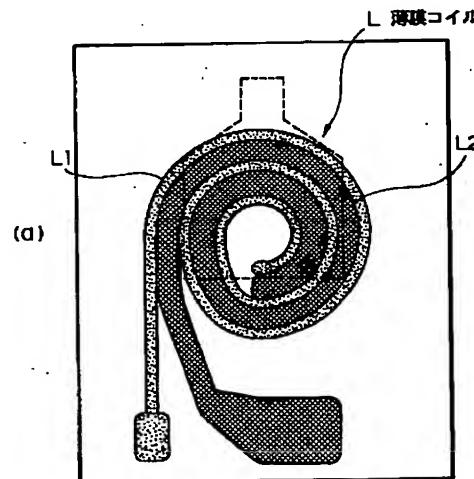
F ターム(参考) 5D033 BA36 BA41 CA05 DA03 DA04  
 DA08 DA09 DA31  
 5E044 CA08 CB10 CC04  
 5E062 DD01 FF01  
 5E070 AA01 CB12 CC10

(54)【発明の名称】薄膜コイルおよび磁気ヘッドならびに薄膜コイルの製造方法および磁気ヘッドの製造方法

(57)【要約】

【課題】 高密度で低抵抗な薄膜コイルを容易かつ信頼性よく提供すること。

【解決手段】 本発明は、所望の巻線数から成る第1コイルL1と第2コイルL2とが直列に導通して設けられる薄膜コイルLにおいて、第2コイルL2が第1コイルL1の巻線間に略同一平面上に形成されているとともに、第2コイルL2と第1コイルL1との間には絶縁膜12のみが介在するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の巻線数から成る第1コイルと第2コイルとが直列に導通して設けられる薄膜コイルにおいて、前記第2コイルが前記第1コイルの巻線間に略同一平面上に形成されているとともに、前記第2コイルと前記第1コイルとの間には絶縁膜のみが介在することを特徴とする薄膜コイル。

【請求項2】 少なくとも前記第1コイルの断面は、略台形であることを特徴とする請求項1記載の薄膜コイル。

【請求項3】 所望の巻線数から成る第1コイルと第2コイルとが直列に導通して設けられる薄膜コイルと磁気コアとを備える磁気ヘッドにおいて、

前記第2コイルが前記第1コイルの巻線間に略同一平面上に形成されているとともに、前記第2コイルと前記第1コイルとの間には絶縁膜のみが介在することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項4】 少なくとも前記第1コイルの断面は、略台形であることを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド。

【請求項5】 第1絶縁膜を介して所定の巻線数から成る第1コイルを形成する工程と、前記第1コイルの表面および巻線間に第2絶縁膜を形成する工程と、前記第2絶縁膜上に下地導電膜を形成し、前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残すよう処理を行う工程と、

前記第1コイルの巻線間となる底部に残った下地導電膜を元にして第2コイルを堆積形成する工程とを備えることを特徴とする薄膜コイルの製造方法。

【請求項6】 前記第2コイルは電解メッキにより堆積形成することを特徴とする請求項5記載の薄膜コイルの製造方法。

【請求項7】 前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残す処理は、所定の角度を付けたイオンエッティングにより行うことを特徴とする請求項5記載の薄膜コイルの製造方法。

【請求項8】 前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残す処理は、湿式エッティングにより行うことを特徴とする請求項5記載の薄膜コイルの製造方法。

【請求項9】 前記第1コイルと前記第2コイルとの間の第2絶縁膜を、スパッタ法または蒸着法によって形成することを特徴とする請求項5記載の薄膜コイルの製造方法。

【請求項10】 第1絶縁膜を介して所定の巻線数から成る第1コイルを形成する工程と、前記第1コイルの表面および巻線間に第2絶縁膜を形成する工程と、

前記第2絶縁膜上に下地導電膜を形成し、前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残すよう処理を行う工程と、

前記第1コイルの巻線間となる底部に残った下地導電膜を元にしてメッキ処理を施し第2コイルを形成する工程とを備えることを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項11】 前記第2コイルは電解メッキにより堆積形成することを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項12】 前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残す処理は、所定の角度を付けたイオンエッティングにより行うことを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項13】 前記第1コイルの巻線間となる底部のみ前記下地導電膜を残す処理は、湿式エッティングにより行うことを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記第1コイルと前記第2コイルとの間の第2絶縁膜を、スパッタ法または蒸着法によって形成することを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、第1コイルと第2コイルとを合わせて構成する薄膜コイルおよびそれを用いた磁気ヘッド、ならびに薄膜コイルの製造方法および磁気ヘッドの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、磁気記録媒体の記録密度向上の観点から、磁気記録媒体への記録・再生を行う磁気ヘッドの性能向上が求められている。この磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと、読み出し用の磁気抵抗効果素子を有する再生ヘッドとを合わせた複合型の薄膜磁気ヘッドが多く用いられている。

【0003】 このような薄膜磁気ヘッドや薄膜インダクタには、起磁力発生のためのコイルが形成されている。コイルは、樹脂レジストを用いて、半導体形成で用いられるフォトリソグラフィー技術によって形成される。

【0004】 以下、このプロセスで形成されるコイルを総称して薄膜コイルと呼ぶ。従来の薄膜コイルの形成には図42(a)に示すようにコイル形状にレジスト膜パターンPを形成し、その後、導電膜をメッキやスパッタすることで、図42(b)に示すような導電膜の薄膜コイルL'を得ている。この場合、薄膜コイルL'の形状やコイル間の間隔を決定するのは、レジスト膜のパターンング精度である。

【0005】 レジスト膜のパターンング精度を決定するのは、レジスト膜の材料や塗布装置、露光装置、現像装置等の製造装置自体の性能や諸条件に依存しており、半

導体で用いられる装置では、 $1 \mu\text{m}$ 以下のLine-Spaceを実現できるシステムもある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気ヘッドの薄膜コイルや各種コンバータ用の薄膜インダクタで使用されるコイルの厚みは、半導体で用いられる数nmの厚みとは異なり、数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ あり、このような厚い導電膜に対応できるレジスト膜を精度良く $1 \mu\text{m}$ 以下のLine-Spaceで形成することは、極めて困難である。

【0007】ここで、図43に示すような2つのコイル（上層コイル、下層コイル）を重ね合わせて形成し、各々の端部を導通させて1つの薄膜コイルとすることも考えられる。しかし、これでは薄膜コイルの厚さが増してしまい、小型化の要求に応えることができない。

【0008】また、磁気記録媒体における記録密度向上の要求から磁気ヘッドの幅が規定され、薄膜コイルの巻線幅を所定値に収める必要がある場合には、薄膜コイルをこの幅に收めながら所定の抵抗値以下のスペックで構成する必要があることから、非常に高密度に薄膜コイルを形成しなければならない。

【0009】ここで、特開平11-345404号公報に開示される磁気ヘッドおよびその製造方法では、第1コイルと第2コイルとを略同一平面上に形成することで、高密度な薄膜コイルを構成する技術が開示されている。

【0010】しかしながら、特開平11-345404号公報に開示される技術では、第2コイルを形成する際に用いるメッキの下地膜が第1コイルとの間に残っており、平坦化のために研磨を行うときに第2コイルと導通する下地膜と第1コイルとの短絡が発生しやすい。つまり、下地膜と第1コイルとの間には極薄い絶縁膜しかなく、研磨によって絶縁膜が潰れたり、下地膜の研磨かすによって巻線間の短絡を起こすことが考えられる。また、第1コイルと下地膜との間に不要な容量が発生し、コイルとしての特性に悪影響を与えるという問題が生じる。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような課題を解決するために成されたものである。すなわち、本発明は、所望の巻線数から成る第1コイルと第2コイルとが直列に導通して設けられる薄膜コイルおよびこれを用いた磁気ヘッドにおいて、第2コイルが第1コイルの巻線間に略同一平面上に形成されるとともに、第2コイルと第1コイルとの間には絶縁膜のみが介在する構成となっている。

【0012】また、本発明は、第1絶縁膜を介して所定の巻線数から成る第1コイルを形成する工程と、第1コイルの表面および巻線間に第2絶縁膜を形成する工程と、第2絶縁膜上に下地導電膜を形成し、第1コイルの

巻線間となる底部のみ下地導電膜を残すよう処理を行う工程と、第1コイルの巻線間となる底部に残った下地導電膜を元にして第2コイルを堆積形成する工程とを備える薄膜コイルおよび磁気ヘッドの製造方法である。

【0013】このような本発明では、略同一平面上に形成される第1コイルと第2コイルとの間に絶縁膜のみが介在する構成となることから、第1コイルと第2コイルとの間隔を狭くすることができ、高密度で特性の優れた薄膜コイルを提供できるようになる。

10 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。図1は、本実施形態に係る薄膜コイルを説明する模式図で、(a)は平面図、(b)は断面図である。すなわち、本実施形態の薄膜コイルLは、所望の巻線数から成る第1コイルL1と第2コイルL2とが直列に導通して設けられるもので、第2コイルL2が第1コイルL1の巻線間に略同一平面上に形成されいるとともに、第2コイルL2と第1コイルL1との間に絶縁膜12のみが介在する構成となっている。

20 【0015】この第1コイルL1と第2コイルL2とは、端部を導通することで1つの薄膜コイルLとして構成される。図2は、各コイルの巻線方向を説明する模式図である。例えば、第1コイルL1は電流方向（図中矢印参照）に沿って外側から内側に巻かれている。また、第2コイルL2も電流方向に沿って外側から内側に巻かれている。このため、第1コイルL1の巻線間に第2コイルL2を形成した状態で、第1コイルL1の内側端と第2コイルL2の外側端とが導通するよう結線される。

30 【0016】なお、図1(b)に示す第1コイルL1および第2コイルL2は、断面視略矩形になっているが、互いに長短片が隣接する断面視略台形にしてもよい。例えば、第1コイルL1の図中下方側が長辺となる断面視略台形にした場合、第1コイルL1を覆う絶縁膜12の着き周りを容易にすることができます、絶縁膜12の薄膜化を図ることができる。

40 【0017】このような薄膜コイルLは、薄膜インダクタや、図3に示すような薄膜磁気ヘッドに適用される。薄膜磁気ヘッドは、硬質非磁性の基板1に磁気抵抗効果素子膜3や薄膜コイルLを形成し、張り合わせ基板25と張り合わせた状態で、媒体との摺動面1a、25aに略円弧状の研磨を施し、アジマス角度θを付けるよう切断している。

【0018】本実施形態は、このような薄膜磁気ヘッド等に適用される薄膜コイルLおよびその製造方法に特徴がある。以下、本実施形態の薄膜コイルの製造方法および磁気ヘッドの製造方法を順に説明する。

50 【0019】先ず、図4に示すよう、基板1を用意する。基板1の材料は特に規定されるものでなく、使用用途によって任意である。ここでは磁気テープとの耐摩耗性に優れた $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC（アルチック）や酸化鉄系

の $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ヘマタイト) などが好適である。また基板の大きさは4インチφ、厚み2mmのものを用意した。

【0020】次に、図5に示すよう、磁気記録ヘッドの下層コアとなる下層コア材料5を形成する。この下層コア材料5に関しては磁気特性的に許容できるものであれば材料は任意である。記録効率を上げるために、できる限り透磁率が高く、飽和磁束密度が高い軟磁性膜が望まれる。本実施形態では、FeAlSi (センダスト) 膜を2.5 μmスパッタ法により形成した。なお、下層コア材料5に関しての形成方法は任意である。厚みとしては2 μm以上が望ましい。

【0021】次に、図6に示すように、下層コア材料にパターニングおよびエッティングを施して磁気ヘッド毎に切り分けて下層コア6を形成する。下層コア6の形成方法は、本実施形態ではフォトリソグラフィー技術を用いてレジスト膜のパターニングおよびイオンエッティングによる不用部分の除去を行うことで形成したが、これ以外の形成方法であってもよい。

【0022】次に、図7に示すように、非磁性材料により下層コア6で出来た凹凸を埋め込む。本実施形態では、はじめに下層コア6と同一の膜厚みのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜7をスパッタにより敷布した後、表面に出来た凹凸をCMP研磨 (化学的機械研磨) やバフ研磨により平らにする。この平坦化方法や平坦化の材料も本実施形態に限らず任意である。

【0023】次に、図8に示すように、記録ヘッドのFront Gapを形成するためのGap膜8を形成する。ここではSiO<sub>2</sub>をスパッタ法により0.2 μm形成した。このGap膜8の材料は、非磁性非導電性膜であれば良く、他にはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等が考えられる。また厚みに関しては、システムで要求されるオーバーライト特性や必要となる起磁力により決定される。

【0024】ここから、本実施形態の主要工程である薄膜コイルの形成手順となる。先ず、図9に示すように、第1コイルのメッキ下地膜9となるTi/Cuをスパッタ法により形成する。このメッキ下地膜9はメッキ時に基板 (ウェハ) 全面に渡りメッキ電流を行き渡すための導体部となる。

【0025】メッキ下地膜9であるTi/Cuの厚みは、Ti: 30 nm、Cu 100 nmとした。TiはGap膜8とCuとの密着性を上げるために敷布するもので、厚みに関しては任意である。Cuは、後に形成される薄膜コイルの材料をCuメッキとするため、同一の材料を選択した。メッキ下地膜9の一部はこの後形成される薄膜コイルの一部となるが、その他の部分は除去する必要があるため、メッキ下地膜9の厚みはあまり厚くなく、例えば0.3 μm以下が望ましい。

【0026】次の工程からは、図9のBで示す丸印 (一つの素子) を中心として説明する。すなわち、図10に

示すように、フォトリソグラフィー技術を用いて第1コイルの形状に開口部を有するパターン10を形成する。ここで用いたレジスト膜は、例えば2000 rpmで塗布して厚みとして8 μm程度とした。用いるレジスト膜に関しては任意であり、良好なプロファイルが得られればレジストの材料は任意である。また、第1コイルの厚みの設定を本実施形態では6 μm程度と設定しているため、このレジスト膜のパターン10の厚みt10としては少なくとも第1コイル以上の厚みとする必要がある。

【0027】次に、図11に示すように、Cuのメッキを行い、レジストパターンで開口された部分に第1コイルメッキ11を形成する。メッキは硫酸銅溶液やピロ磷酸銅溶液による電解メッキ方法を用いた。用いるメッキ溶液はこれに限定されず任意である。また、ここで用いる溶液を他の材料、例えば金等に変更しても問題ないが、その場合下地膜9の材料もここでメッキする材料に合わせることが望ましい。本実施形態ではメッキの厚みt11を6 μmとした。

【0028】次に、図12に示すように、パターニングを施したレジスト膜を有機溶剤により溶解除去させた後、基板全面に渡りイオンエッティングを施すことでコイル部以外のメッキ下地膜9を除去する。この場合のイオンエッティングの基板面に対する入射角度はできるだけ垂直になるように設定する方が、コイル間の下地膜が完全に除去されるため望ましい。本実施形態では入射角度を0度 (垂直入射) としたが、エッティング装置によりコイル間のメッキ下地膜9が完全に除去できる角度の最適化を行う。この処理により、第1コイルL1が形成される。

【0029】次に、図13に示すように、第1コイルL1と第2コイル (図示せず) との絶縁を行うコイル間の絶縁膜12を形成する。以降に説明を行う第2コイルは第1コイルL1の間を縫うようにして形成されるため、第1コイルL1と第2コイルとが隣接する距離は非常に狭くなる。この両者の電気的絶縁を図るために非導電性膜 (絶縁膜12) を設ける。本実施形態ではAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を0.5 μmスパッタ法により形成した。

【0030】この場合、絶縁膜12の材料に関しては非導電性非磁性材料であれば任意である。また、形成する厚みは、絶縁ができる量が最低限必要であり、また第1コイルL1の壁面やコイル間の底部にも完全に敷布されねばならないため、本実施形態では0.5 μm厚をスパッタ法により形成した。これは形成方法や使用する装置により第1コイルL1のカバー状況が異なるものと考えられるため、図のように完全に第1コイルを覆う形に形成できれば、形成方法や装置に関しては任意である。

【0031】次に、第2コイルのメッキを行う際の下地となる第2コイル用のメッキ下地膜13 (例えば、Ti/Cu) をスパッタにより形成する。このメッキ下地膜

13に関しては、第1コイルL1のメッキ下地膜9と同様であるが、第1コイルL1のコイル間底部にも形成されていることが重要であるため、若干第1コイルL1のメッキ下地膜9に比較して厚みを増やす方が望ましい。本実施形態では、Ti/Cu厚を、Ti:30nm、Cu:200nmとした。

【0032】次に、本実施形態の要点であるメッキ下地膜13の除去工程の詳細を説明する。本実施形態では、このまま第2コイルのメッキ工程に入るのではなく、第2コイル用のメッキ下地膜13の1部を除去した後にメッキ工程を行う。その理由は後述する。

【0033】先ず、図15に示すように、メッキ下地膜13を残す必要がある部分を覆うように保護レジスト膜14をフォトリソグラフィー技術によりパターニングする。ここで、メッキ下地膜13を残す必要がある部分とは、第2コイルのメッキ電流を供給するためのコイル周辺部、コイル入り口部分である。

【0034】実際にメッキを成長させて第2コイルとなる部分は第1コイルL1の間であり、この部分のメッキ下地膜13も当然メッキ時には残っている必要があるが、この保護レジスト膜14のパターンでは図に示すように第1コイル間は入り口部を除いて開口のパターンとする。

【0035】後述するが、この部分を開口としても、角度をつけたエッチングを行うため、第2コイルのメッキ時のメッキ下地膜13として働く第1コイルL1の間の底部のメッキ下地膜13は除去されない。

【0036】次に、図16に示すように、基板全面に対してイオンエッチングを施す。ここでは、角度を設けたイオンエッチングを行っている。これは、第1コイルL1を覆う形で形成された第2コイル用のメッキ下地膜13の、第1コイルL1上面および壁面部分を除去して、第1コイルL1間の底部のみに第2コイル用のメッキ下地膜13が残るようにするためである(図17参照)。

【0037】この理由は後述するが、この形状を得るためにには図18に示すように、イオンエッチングを行う際に基板1を傾けることにより実現できる。この傾斜角度は、図19に示すように、理論的に $\theta = \tan^{-1} \{ (第1コイルL1間の間隔 - 絶縁膜12の厚み \times 2) - メッキ下地膜13の厚み \times 2 \} / (第1コイルL1の厚み) \}$ で表され、図中の記号を用いると、 $\theta = \tan^{-1} (D/H)$ により決定される。

【0038】しかしながら、通常のイオンエッチング装置では、全ての粒子の入射角度は单一ではないため、使用する装置により最適となる角度を見つける必要がある。理想的な形状としては、図17に示す第1コイルL1の上面および壁面のメッキ下地膜13が完全に除去されている状態である。

【0039】壁面部分に関しては、図20に示すように、第1コイルL1の壁面にメッキ下地膜13が残って

いる状態ではなく、図17に示す状態、もしくは図21に示すように、メッキ下地膜13の一部が無くなっている状態にする。いずれにせよ、メッキ下地膜13の第1コイルL1上面部および壁面部を除去しておくことが重要な要点である。

【0040】次に、エッチングを行った後、エッチング保護レジスト膜14を有機溶剤により溶解除去し、図22に示す第2コイル用に開口部を持つレジスト膜15のパターニングをフォトリソグラフィー技術を用いて行う。

【0041】ここで重要なのが、レジスト膜15としては、第1コイルL1で形成したようコイルパターンではなく、第1コイルL1部分全体に開口部を有しており、コイル部分に関してみれば第1コイルL1の周囲を覆っているに過ぎない点である。

【0042】つまり、コイル形状に対応した細かなパターンは必要でない。これは、先に第1コイルL1を覆っていた第2コイル用のメッキ下地膜13について、第1コイルL1上の部分を除去しているために、この後メッキを施してもメッキ下地膜13が無い部分からはメッキは成長せず、メッキ下地膜13の残った第1コイルL1間底部のみからメッキが成長するためである。これにより、特別細かいパターニングが不要となる。

【0043】ここで、第2コイルも細かいレジスト膜のパターニングを施してメッキ成長させる方法(従来方法)では、図44に示すように、第1コイルL1を完全に覆う形にレジスト膜15を形成する必要がある。

【0044】しかしながら、 $6\mu\text{m}$ も立ち上がった第1コイルL1に対して薄く全体を完全に覆い隠すことは非常に困難である。それは、図45(a)に示すようなパターンズレや、図45(b)に示すようなパターン細り、図45(c)に示すようなレジスト残りが発生するためである。

【0045】つまり、フォトリソグラフィーの露光や現像量の最適値からのズレ、メッキにより形成された第1コイルL1の表面には凹凸が多いこと、などにより覆い隠すレジスト膜15が不均一になり、第1コイルL1の壁面や上面の一部が露出することが多い。特に第1コイルL1上面部の角のレジスト膜は薄くなりやすく、実際はほとんど露出してしまう。

【0046】図45(a)のようにパターンズレが発生した状態でメッキを行ったものを図46に示す。この様な溝形状にメッキを行う場合、図のように壁面にメッキ下地膜13が残った状態であると必ず対極部に最も近い壁面上部からメッキMが早く成長してしまうことに加え、溝内部にはメッキ液が滞ってしまうためメッキMの成長が遅くなる。結果として図に示すように溝中に空孔を作る形となる。

【0047】これを防ぎ、溝内部を完全にメッキにより充填するためには、溝底部よりメッキを成長させるしか

ない。このために、本実施形態のようなメッキ下地膜13のうち、第1コイルL1の上面および壁面に対応する部分をあらかじめ除去する方法が最も適していると言える。

【0048】このようにして本実施形態によるメッキ成長を行った状態が図23である。この場合、外部との接続を図るために第2コイルL2の両端の面積が大きくなるようにしている。この部分の大きさに関しては任意である。

【0049】次に、図24に示すように、第2コイルL2のメッキ用に被着したレジスト膜15を有機溶剤により溶解して除去する。これにより、第1コイルL1の巻線間に第2コイルL2が略同一平面上に形成された薄膜コイルLができる。

【0050】次いで、図25に示すように、薄膜コイルL周辺部分の残っているメッキ下地膜13をイオンエッチングにより除去する。この場合のイオンエッチングは細かな部分や隠れた部分にメッキ下地膜13が無いため、角度等は特に指定されない。

【0051】次に、図26に示すように、第1コイルL1の両端部と、磁気コアを形成するFront Gap部分に堆積された、絶縁膜12を除去するため、その部分を開口部とするレジスト膜17のパターニングをフォトリソグラフィー技術により行う。

【0052】Front Gap部としては、Gapを構成する部分の磁気コア先端部分を開口するようにパターニングする。また、第1コイルL1の両端部分の形状に関しては、接続ができる大きさであれば形状等に制約は無く任意である。本実施形態では中心部の開口半径5μm円形、逆側端子部分は20μm程度の四角形とした。

【0053】パターニングを施した後、絶縁膜12をイオンエッチングまたはウェットエッチングを施し除去する。本実施形態ではウェットエッチングにより除去したのち、更にイオンエッチングを行うことで表面を清純化した。この除去の方法に関しては任意である。

【0054】絶縁膜12除去した後、有機溶剤によりパターンを施したレジスト膜17を溶解除去すると、図27に示すような状態となる。この工程により、第1コイルL1の両端部分は表面に露出する。

【0055】次に、図28に示すように、Back Gap部を開口部とするレジスト膜18をフォトリソグラフィー技術を用いて形成する。下層コア6に対して、Front Gap部分はGap材料を挟んで上層コア(図示せず)と接続し、Back Gap部分は直接上層コアと接続する。このため、これまでの工程では、Back Gap部分にはGap膜8と絶縁膜12が存在しているため、上層コア形成前にこれらの非磁性膜を除去しておく必要がある。

【0056】次に、図29に示すように、Back Gap部分の非磁性膜を除去するために、イオンエッチング

やウェットエッチングを施すことにより、レジスト膜18(図28参照)の開口部分にあるGap膜8と絶縁膜12とを除去する。

【0057】前述と同様、除去の方法に関しては任意である。またBack Gap部の形状に関しても任意であるが、記録効率を上げるために、できる限りFront Gap部に近づけ、かつ大きくすることが望ましい。本実施形態では、横軸25μm、縦軸10μmの橿円形状とした。この工程により下層コア6のBack Gap部が露出した状態となる。

【0058】次に、図30に示すように、薄膜コイルLと外気との遮断を行うためと、後に形成される上層コアとの絶縁を図るために、薄膜コイルL全体を覆うように平坦化レジスト膜19をフォトリソグラフィー技術を用いてパターニングする。

【0059】このとき図に示すように、Back Gap部分、第1コイルL1および第2コイルL2の両端部にはレジスト膜が残らないパターンとする。平坦化レジスト膜19の種類、製造方法に関しては任意である。そして、パターニングを行った後、そのまま300℃前後で1時間程度加熱を行うことにより、平坦化レジスト膜19は硬化して有機溶剤に対しても溶解性が無くなる。

【0060】次に、図31に示すように、上層コア20を形成する。上層コア20の形成方法に関しては特に限定されるものではなく、上層コア20の材料となる例えばNiFeなどをスパッタ法やメッキ法により形成した後、レジスト膜で所望の形状にパーニングを施し、エッチングして不用部を除去する方法や、所望の形状に開口部を有するレジスト膜のパターニングを行った後、メッキを施すことで所望の形状を得る方法等が考えられる。

【0061】上層コア20の材料に関しては良好な軟磁性特性を有するものであれば使用可能であるが、記録効率を考慮した場合、できる限り透磁率が高く、飽和磁束密度が高いものが望まれる。本実施形態ではNiFeメッキ膜を用いた。形状に関しては任意であるが、Front Gap部の横幅で、下層コア6か上層コア20のうち狭い方の幅で記録される磁化パターンの横幅すなわちトラック幅が決定される。

【0062】また、Back Gap部分も覆う形にする。さらに、上層コア20の厚みに関しては、記録磁化量が飽和しない体積を十分持たせる量が必要であり、本実施形態の場合2.5μmとした。

【0063】次に、図32に示すように、第1コイルと第2コイルとの接続および、外部接続用の端子の形成を行う。第1コイルの片側と、第2コイルの片側とを図のようにコイル接続リード22で接続することで、薄膜コイルが導通される。

【0064】そして、第1コイルの端部と第2コイルの端部とに、各々外部との接続を取るための外部接続端子21を設ける。それぞれの接続リードの大きさ、形状は

任意であるが、抵抗値を下げるため、できる限り表面積を大きくしたほうが良い。

【0065】また、形成方法も任意であり本実施形態では、上記の磁気コア（上層コア、下層コア）の作成と同様に、あらかじめ所望の形状の開口部を持つレジスト膜をフォトリソグラフィー技術によってパターニングし、硫酸銅メッキ液中の電解メッキを施すことにより、所望の部分にCuメッキを成長させた。この場合、導電性をもつものであれば材料は限定されず、また形成方法も任意である。

【0066】さらに、外部接続端子部のみ追加のメッキ工程を行い、 $20\ \mu\text{m}$ 程度の厚みを設けておく。この部分がこの後に施される工程を経た後にも、表面に露出する形となり、外部との電気的接続を図ることができる。

【0067】次に、今までの工程により基板（ウェハ）面上に形作られる様々なパターンによりできた凹凸部分を平らにする。本実施形態では、先ず、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を $20\ \mu\text{m}$ 程度ウェハ全面にスパッタした後、機械的研磨により表面を研削し、凹凸を緩和する。薄膜コイルLおよび磁気コア素子は図に示すように、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜で埋め込まれた形となる。

【0068】以上により、基板（ウェハ）での薄膜工程を用いた素子形成を終了し、以下、磁気ヘッドをシステムに組み込むための機械的加工を施す。

【0069】先ず、図33に示すように、薄膜コイルLが形成された磁気ヘッド素子を数個単位のブロック状態に基板（ウェハ）から切り離す。図では5個の素子毎に一つの切り出しブロック24としたが、一ブロックで取り扱う素子の個数は任意である。

【0070】次に、図34に示すように、磁気ヘッド素子の保護となる張り合わせ基板25を、切り出しブロック24に張り合わせる。張り合わせ基板25の材料は、本実施形態では基板1と同一のものを用いたが任意である。ここで、張り合わせ基板25の形状に関して、基板1上に形成された磁気ヘッド素子の外部接続端子の端部が露出するように、切り出しブロック24よりも小さくする必要がある。また、貼り合わせは、例えば樹脂系の接着剤を用いる。

【0071】次に、図35に示すように、張り合わせたブロックの上面部（磁気テープと摺動する面）1a、25aを磁気テープとのなじみやすいように、適した形に円弧状に仕上げる。形状に関しては用いるシステムにより異なるため、ここでは詳細な説明を省略する。

【0072】最後に、図36に示すように、複数個のM\*  
卷線範囲=（当たり幅-Back Gap-左右加工マージン）/2  
=  $(100\ \mu\text{m} - 16\ \mu\text{m} - 10\ \mu\text{m} \times 2) / 2$   
=  $32\ \mu\text{m}$

となり、 $32\ \mu\text{m}$ 以内に必要な巻線を施す必要がある。

【0080】図38は、従来の形成方法に従い、レジス

\* R素子3が並ぶ切り出しブロック24および張り合わせ基板25の磁気ヘッド列を分割して、磁気ヘッドとして使用できるようにする。また、ここで切断する角度により、例えばアジャマス記録を行うシステムに適用する場合は、所望のアジャマス角度θを設けて切断を行う。以上により本実施形態の薄膜コイルを適用した磁気ヘッド（図3参照）が完成する。

【0073】ここで、本実施形態に係る製造方法によるパターニングの容易性について説明する。なお、ここでは、回転ドラムに搭載されるヘリカルスキャニング方式の磁気ヘッドの場合を例とする。図37は、例となる磁気ヘッドの概略断面図である。この磁気ヘッドでは、磁気テープと摺動するヘッド基体の幅（以下、「当たり幅」と言う。）がシステム上規定されており、例えば $100\ \mu\text{m}$ 前後以下である。

【0074】つまり、記録ヘッドの巻線はこの当たり幅以内に抑えなくてはならず、薄膜コイルを高密集度に形成する必要がある。また、現行のMIG（Metal In Gap）ヘッドで用いられる銅線を用いた巻線では、全抵抗値はおよそ $3\ \Omega$ 程度であり、セット側の電気回路を併用することを考えても、薄膜コイルに要求される全抵抗値は $3\ \Omega$ 程度以下であることが望まれる。

【0075】また、高周波低電流で、かつ高い保持力を有する記録媒体への対応として、高い書き込み磁界を発生させるために巻線数をある程度多くする必要もある。

【0076】以上の要求を含めて、本実施形態の磁気ヘッドに要求されるスペックとして、巻線数10回以上、抵抗値 $3\ \Omega$ 以下、当たり幅 $100\ \mu\text{m}$ 以内を最低ラインとする。

【0077】ここで、薄膜コイルを形成するためには、薄膜コイルの形状が開口となるレジスト膜パターンを形成し、メッキを行うことが必要となる。つまり、薄膜コイルの密集度は、コイル間を形成するレジスト膜の幅により決定される。

【0078】しかしながら、前述したように抵抗値を下げるため、薄膜コイルの高さも増加させようとすると、高いアスペクト比を実現できるレジスト膜および露光装置が必要となる。通常用いられるg線およびi線のステップパレット装置では、高精度のものでない限りレジスト膜パターンの限界として $2\ \mu\text{m}$ 幅に対して $6\ \mu\text{m}$ 程度のアスペクト比が限界である。

【0079】また、巻線を行う範囲として、当たり幅内に磁気コアのBack Gap幅 $16\ \mu\text{m}$ 程度を中心として巻かれること、および加工のマージンとして端部より $10\ \mu\text{m}$ は超えないことを考慮すると、

ト膜により薄膜コイルを形成する場合の巻線数に対するコイル幅を示す図、図39は、巻線数と抵抗値 $3\ \Omega$ とな

るコイルの高さを示す図である。ここで、レジスト膜の幅は、通常精度良くできる最小である  $2 \mu\text{m}$  とした。

【0081】これらの図より、従来の形成方法によって1段の薄膜コイルを10回巻こうとすると、1回のコイルの幅が  $1.5 \mu\text{m}$  程度となる。ここで、銅メッキの比抵抗を  $2.2 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  とした場合、薄膜コイルの全抵抗値を  $3\Omega$  とするためには1回のコイルの幅が  $12 \mu\text{m}$  を超えてしまい、これでは形成不可能である。

【0082】これに対し、図40は、本実施形態の形成方法に従い薄膜コイルを形成する場合の巻線数に対するコイル幅を示す図、図41は、巻線数と抵抗値  $3\Omega$  となるコイルの高さを示す図である。

【0083】本実施形態では、薄膜コイル間の絶縁膜の厚さをスパッタにより規定しており、精度良く狙い値が得られる。また、その間隔も  $1 \mu\text{m}$  以下と極めて高密集である。本実施形態では、薄膜コイルの全抵抗値が  $3\Omega$  となるために必要な薄膜コイルの膜厚は、10回の巻線数で  $6 \mu\text{m}$  程度となる。

【0084】さらに、本実施形態の薄膜コイルの製造方法では、第1コイルの巻線間に第2コイルが形成されるため、その場合、必要なレジスト膜のパターンは、巻線1つおきのパターンとなるため、第1コイル形成時でのレジスト形状として、計算上、幅  $4.3 \mu\text{m}$ 、高さ  $7 \mu\text{m}$  となり、この程度のパターニングなら容易に実現可能である。

【0085】このように、本実施形態を適用することで、高精度な露光装置を用いることなく、上記スペックを満たす磁気ヘッドを精度良く製造することが可能となる。

#### 【0086】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば次のような効果がある。すなわち、第1コイルと第2コイルとの間に絶縁膜のみが介在する構成であるため、第1コイルと第2コイルとの巻線間での絶縁を確実にすることができるとともに、巻線間で不要な容量を発生させることがないため、信頼性およびコイル性能の向上を図ることが可能となる。

【0087】また、薄膜コイルの間隔を狭くでき、小型化を図ることが可能となる。また、パターニングの精度が低くても高密度の薄膜コイルを作成でき、作成工程の簡素化および歩留まり生産性の向上を図ることが可能となる。また、第1コイルと第2コイルのそれぞれの厚みが互いに補完し合うため、コイルの抵抗値がパターン精度に依らず一定となる。また、同一巻き線のコイルが1平面上で形成できるため、高さ方向の厚みが半分以下で済むため、仕上がりが平坦となる。

【0088】これらの利点から、本発明の薄膜コイルを磁気ヘッドに採用した場合、小型化によって磁路長を短くでき、記録効率を向上させることが可能となる。また、磁気ヘッドの生産性が向上し、高歩留まり低コスト

を実現できる。また、抵抗値が一定であり、磁気ヘッド駆動のための各種回路設計が容易となる。さらに、平坦な面に磁気コアが形成されるため、磁壁の発生を抑制し、応力の緩和ができ、磁気特性を向上させることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る薄膜コイルを説明する模式図である。

【図2】各コイルの巻線方向を説明する模式図である。

【図3】薄膜磁気ヘッドの例を示す概略斜視図である。

【図4】製造方法を説明する模式図（その1）である。

【図5】製造方法を説明する模式図（その2）である。

【図6】製造方法を説明する模式図（その3）である。

【図7】製造方法を説明する模式図（その4）である。

【図8】製造方法を説明する模式図（その5）である。

【図9】製造方法を説明する模式図（その6）である。

【図10】製造方法を説明する模式図（その7）である。

【図11】製造方法を説明する模式図（その8）である。

【図12】製造方法を説明する模式図（その9）である。

【図13】製造方法を説明する模式図（その10）である。

【図14】製造方法を説明する模式図（その11）である。

【図15】製造方法を説明する模式図（その12）である。

【図16】製造方法を説明する模式図（その13）である。

【図17】製造方法を説明する模式図（その14）である。

【図18】製造方法を説明する模式図（その15）である。

【図19】製造方法を説明する模式図（その16）である。

【図20】メッキ下地膜の残り状態を示す模式図である。

【図21】メッキ下地膜の除去状態を示す模式図である。

【図22】製造方法を説明する模式図（その17）である。

【図23】製造方法を説明する模式図（その18）である。

【図24】製造方法を説明する模式図（その19）である。

【図25】製造方法を説明する模式図（その20）である。

【図26】製造方法を説明する模式図（その21）である。

【図27】製造方法を説明する模式図（その22）である。

【図28】製造方法を説明する模式図（その23）である。

【図29】製造方法を説明する模式図（その24）である。

【図30】製造方法を説明する模式図（その25）である。

【図31】製造方法を説明する模式図（その26）である。

【図32】製造方法を説明する模式図（その27）である。

【図33】製造方法を説明する模式図（その28）である。

【図34】製造方法を説明する模式図（その29）である。

【図35】製造方法を説明する模式図（その30）である。

【図36】製造方法を説明する模式図（その31）である。

【図37】磁気ヘッドの概略断面図である。

【図38】従来の形成方法で薄膜コイルを形成する場合

の巻線数に対するコイル幅を示す図である。

【図39】従来の形成方法で薄膜コイルを形成する場合の巻線数と抵抗値3Ωとなるコイルの高さを示す図である。

【図40】本実施形態の形成方法に従い薄膜コイルを形成する場合の巻線数に対するコイル幅を示す図である。

【図41】本実施形態の形成方法に従い薄膜コイルを形成する場合の巻線数と抵抗値3Ωとなるコイルの高さを示す図である。

10 【図42】従来の製造方法を説明する模式図である。

【図43】従来例における2つのコイルを重ね合わせる場合を説明する模式図である。

【図44】従来例におけるレジスト膜のパターニングを説明する模式図（その1）である。

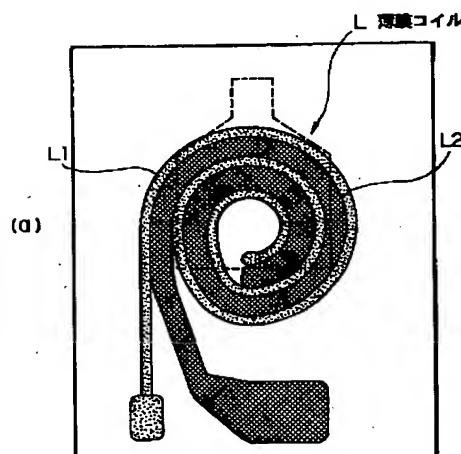
【図45】従来例におけるレジスト膜のパターニングを説明する模式図（その2）である。

【図46】パターンズレが発生した状態でメッキを行ったものを示す模式図である。

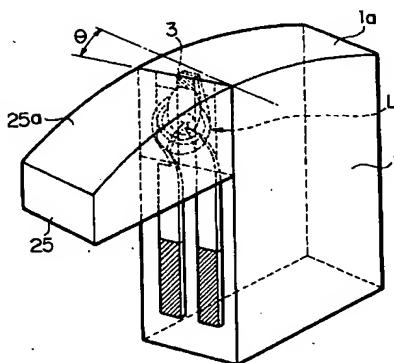
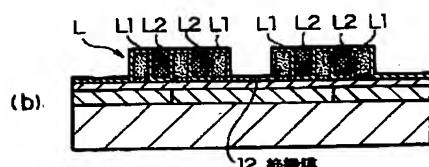
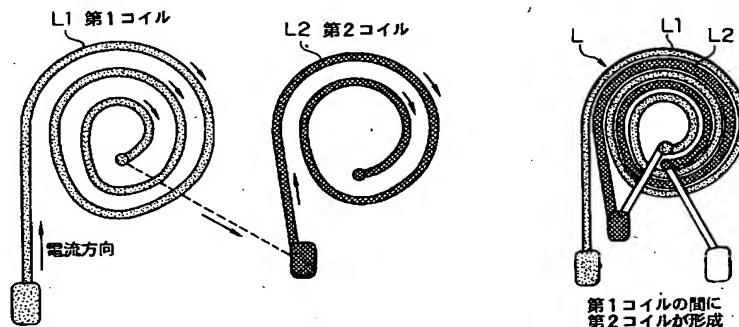
【符号の説明】

20 1…基板、12…絶縁膜、3…磁気抵抗効果素子膜、L1…第1コイル、L2…第2コイル、L…薄膜コイル

【図1】

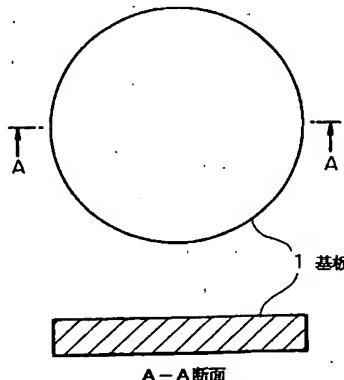


【図2】

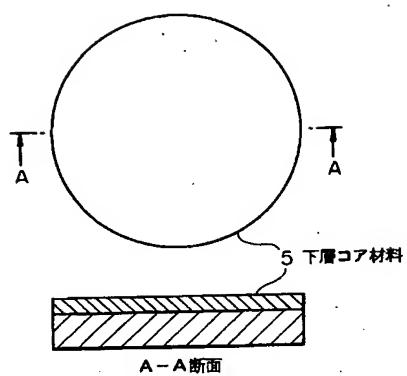


【図3】

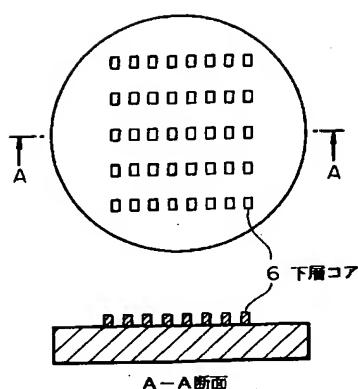
【図4】



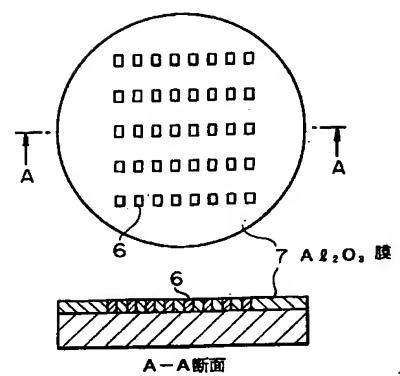
【図5】



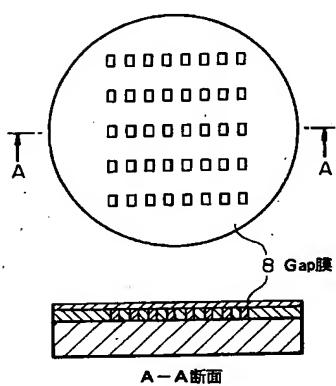
【図6】



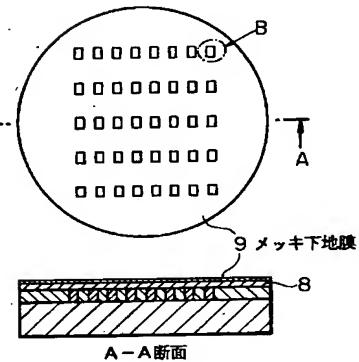
【図7】



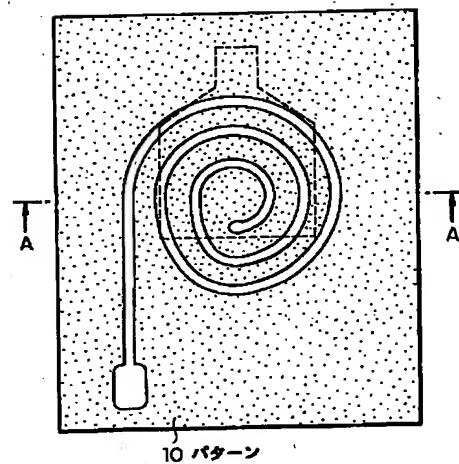
【図8】



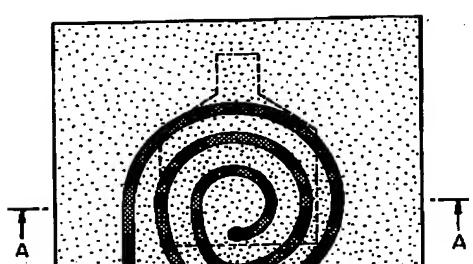
【図9】



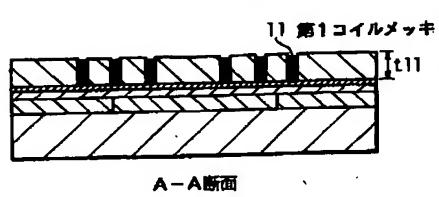
【図10】



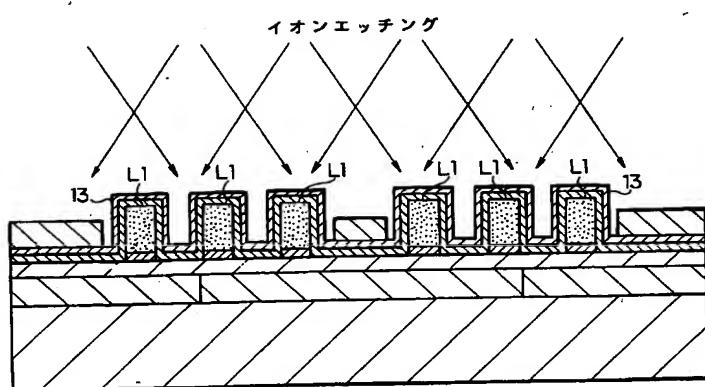
【図11】



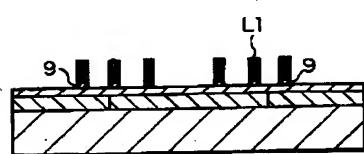
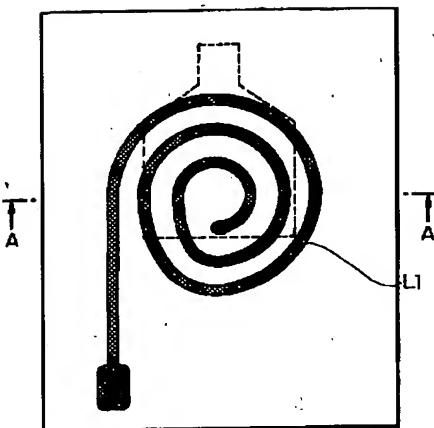
11 第1コイルメッキ



【図16】

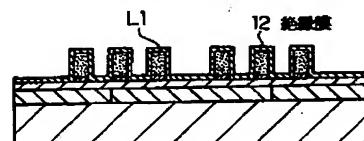
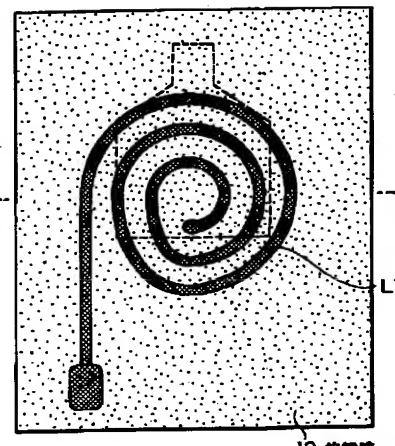


【図12】



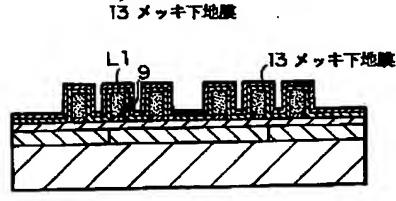
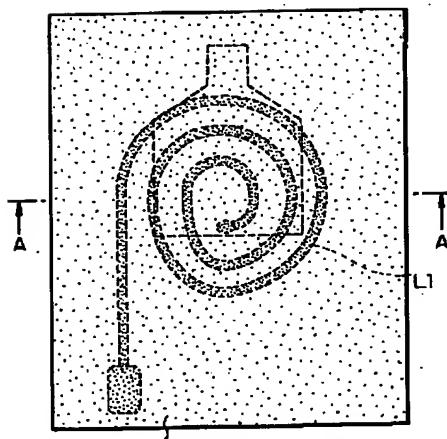
A-A断面

【図13】



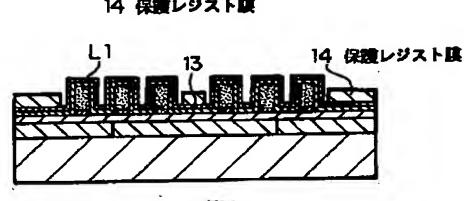
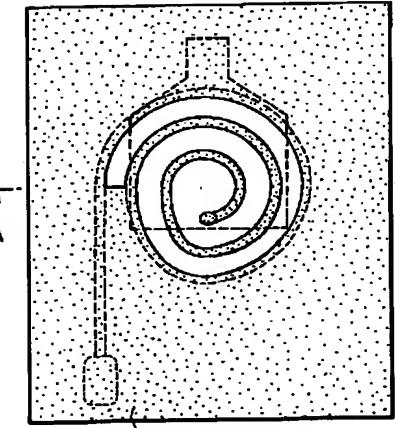
A-A断面

【図14】



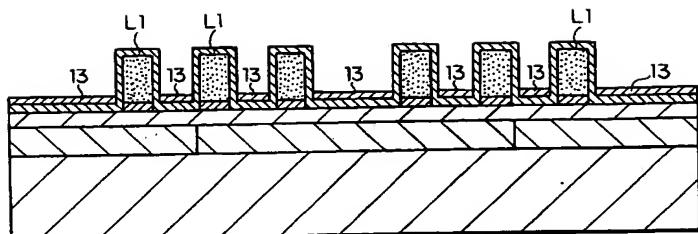
A-A断面

【図15】

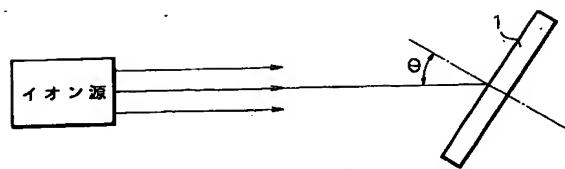


A-A断面

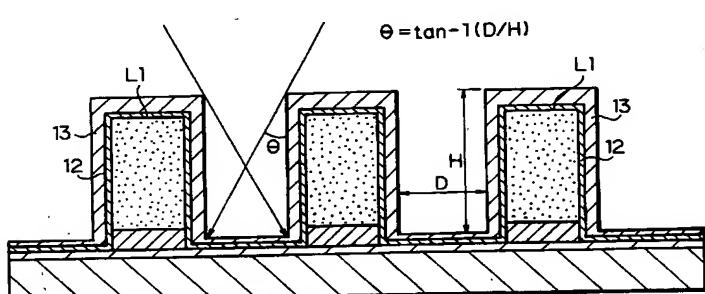
【図17】



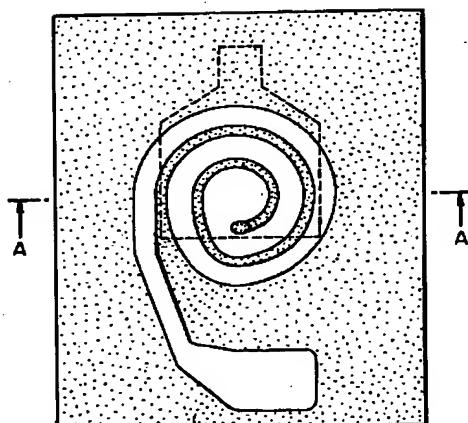
【図18】



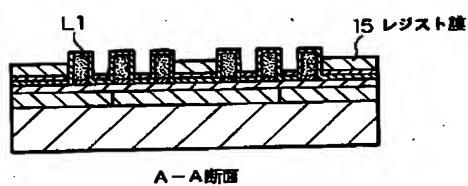
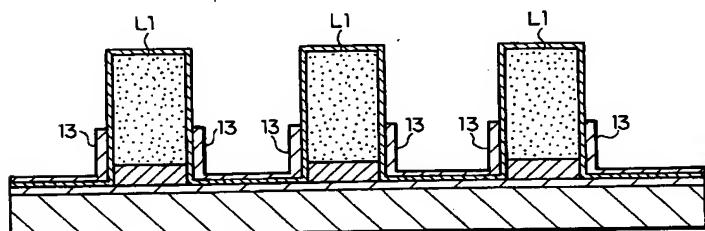
【図19】



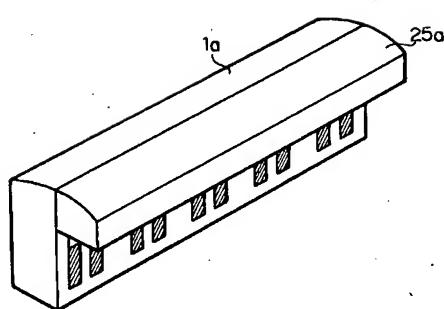
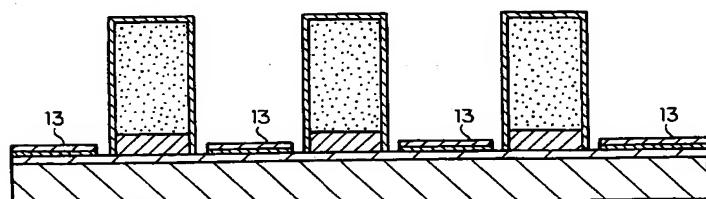
【図22】



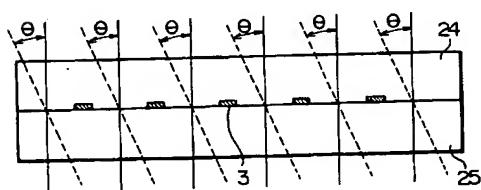
【図20】



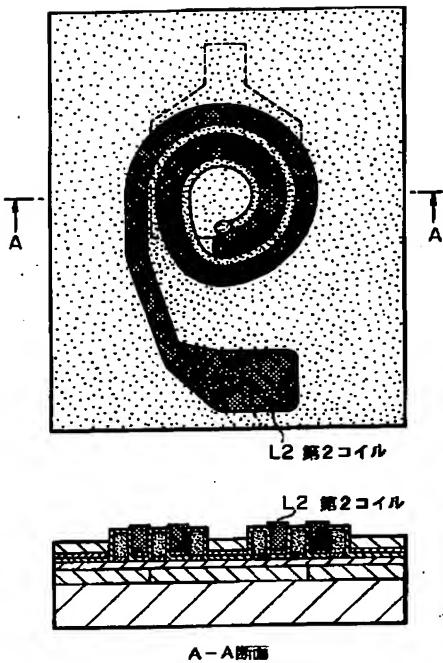
【図35】



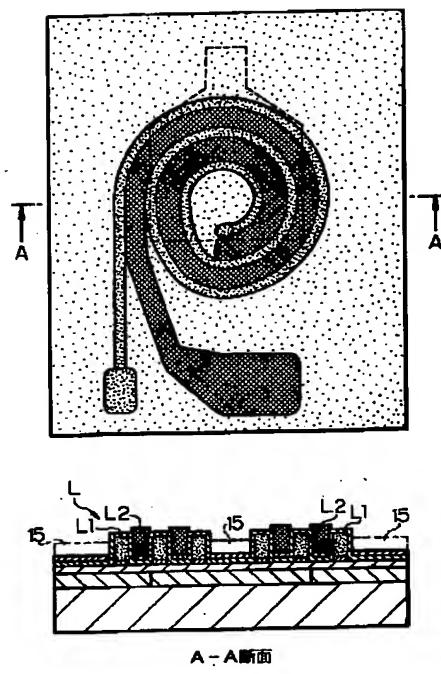
【図36】



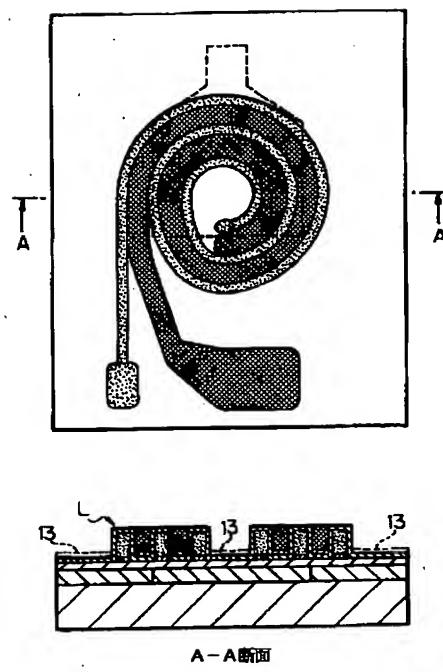
【図23】



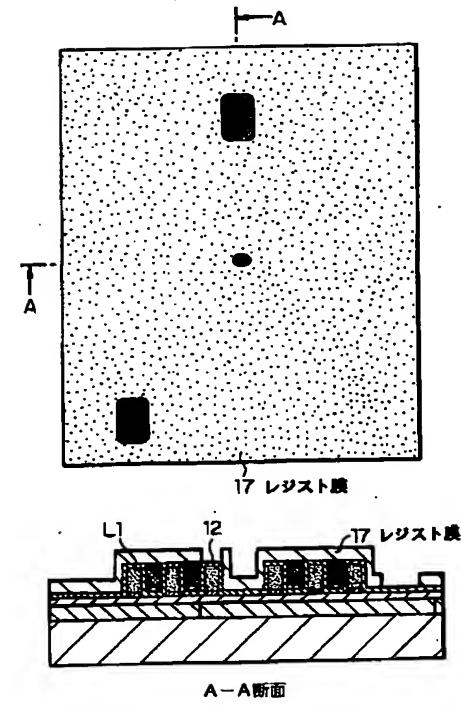
【図24】



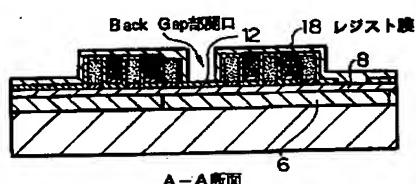
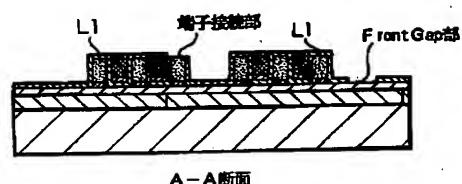
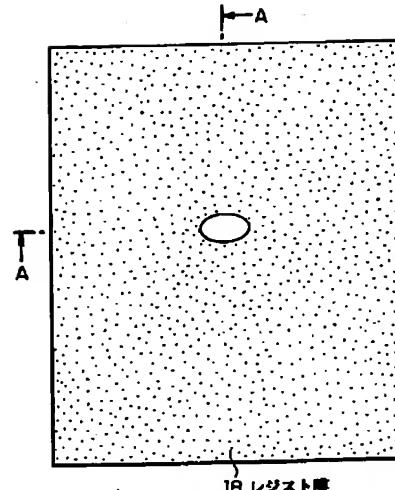
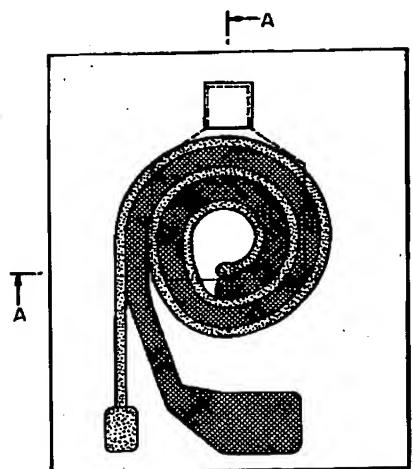
【図25】



【図26】



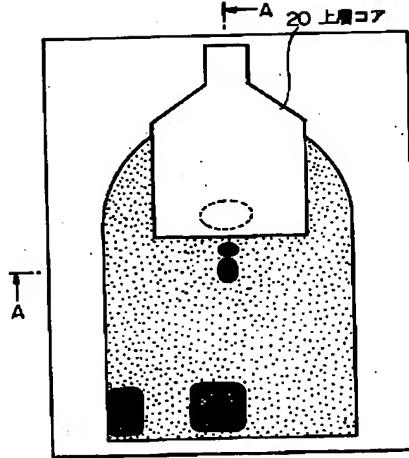
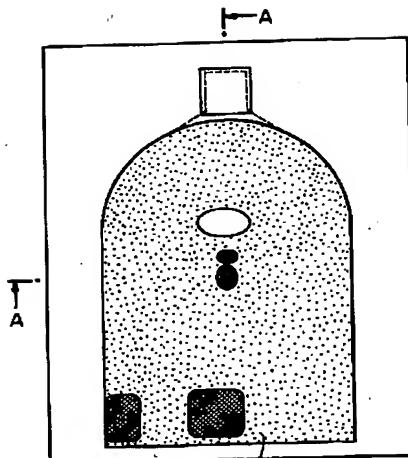
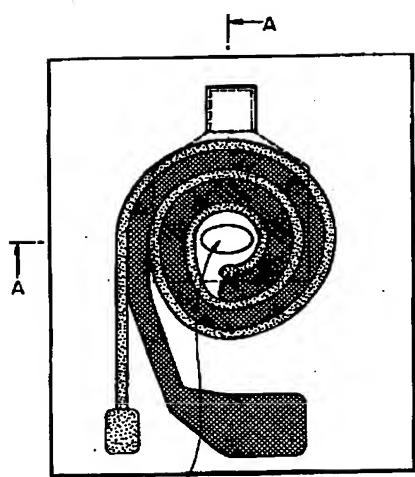
【図27】



A-A断面

6

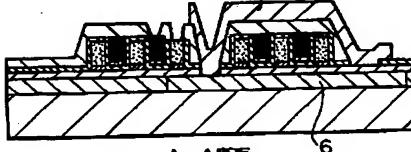
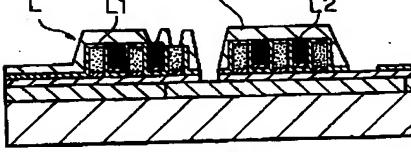
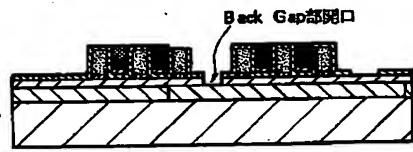
【図29】



Back Gap部開口

19 平坦化レジスト膜

20 上層コア



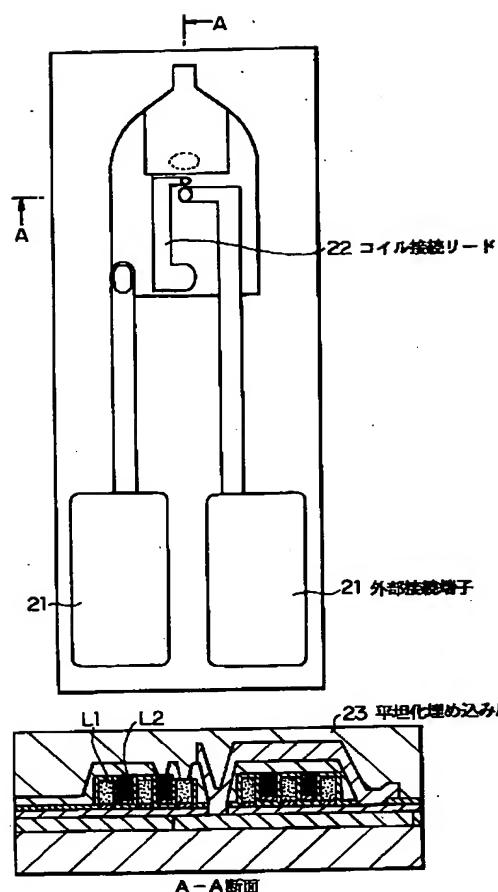
A-A断面

A-A断面

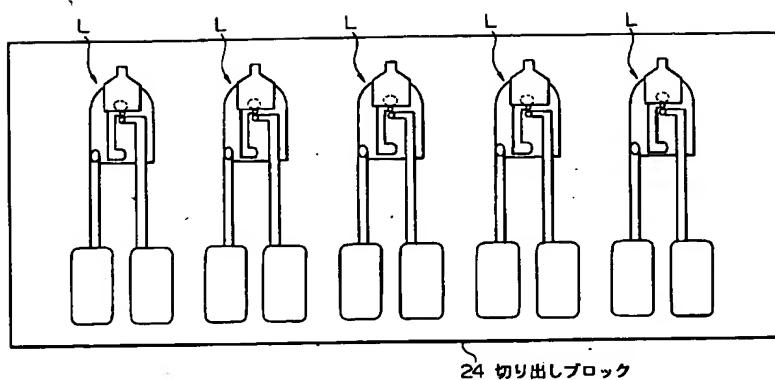
A-A断面

6

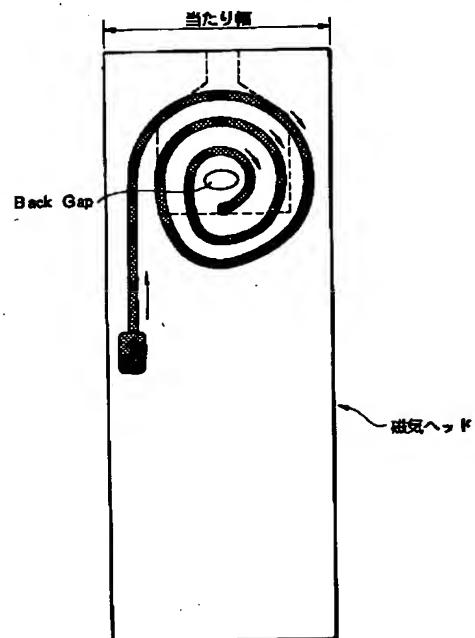
【図32】



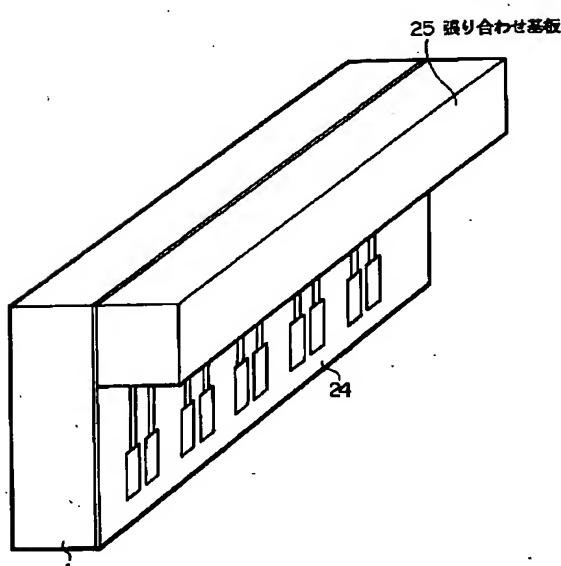
【図33】



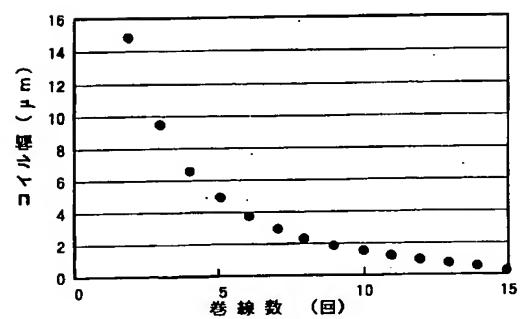
【図37】



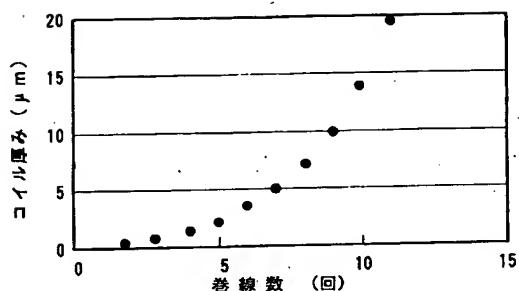
【図34】



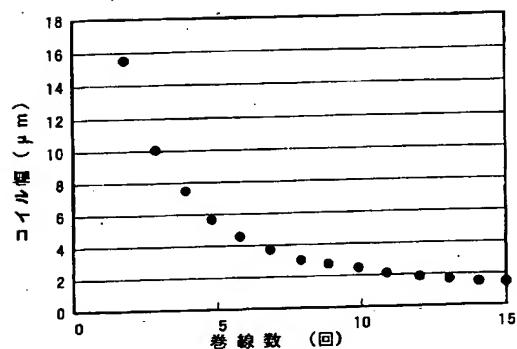
【図38】



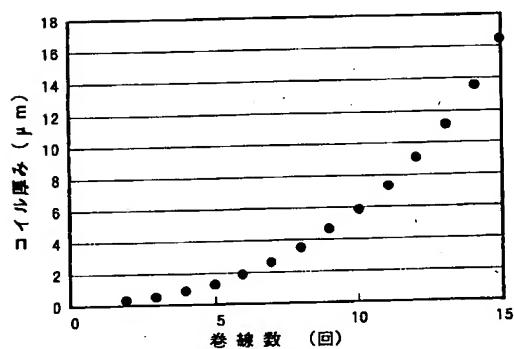
【図39】



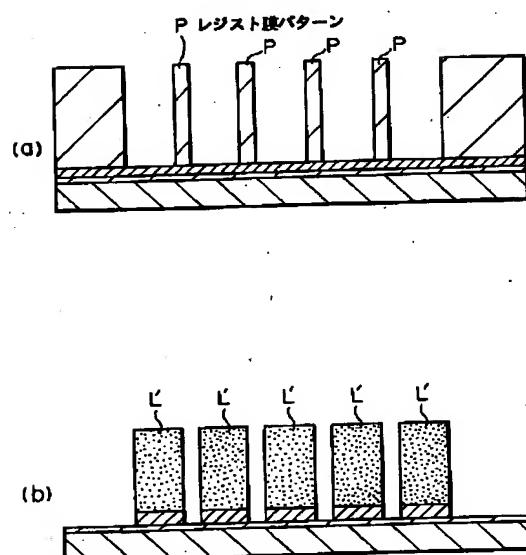
【図40】



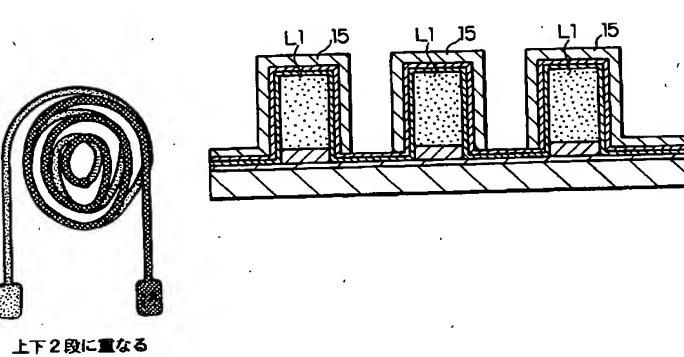
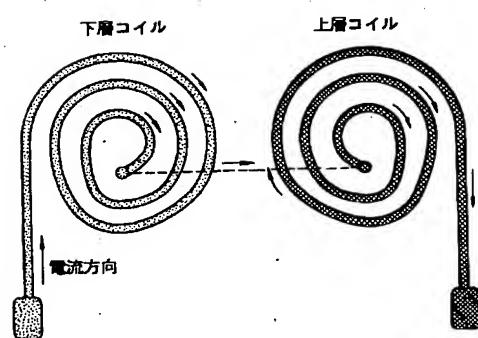
【図41】



【図42】

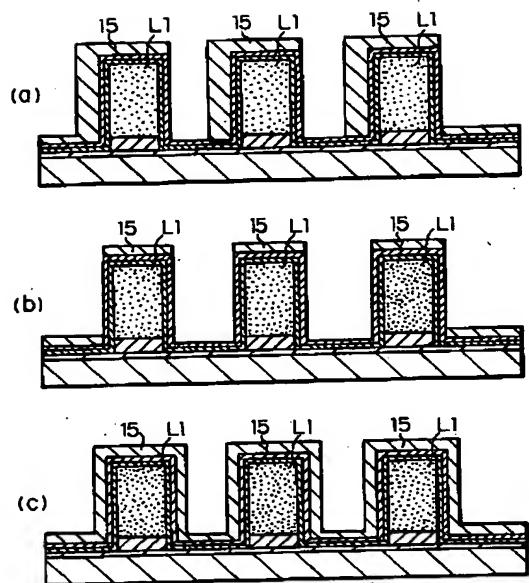


【図43】

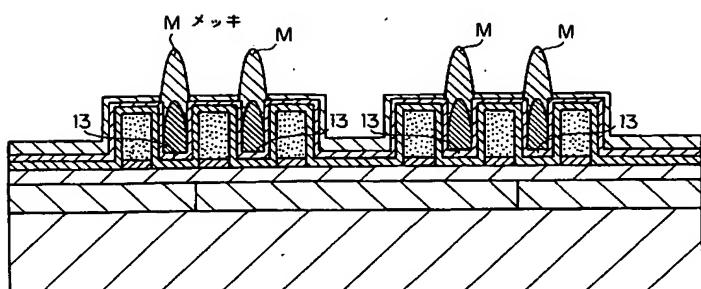


【図44】

【図45】



【図46】



THIS PAGE BLANK (USPTO)